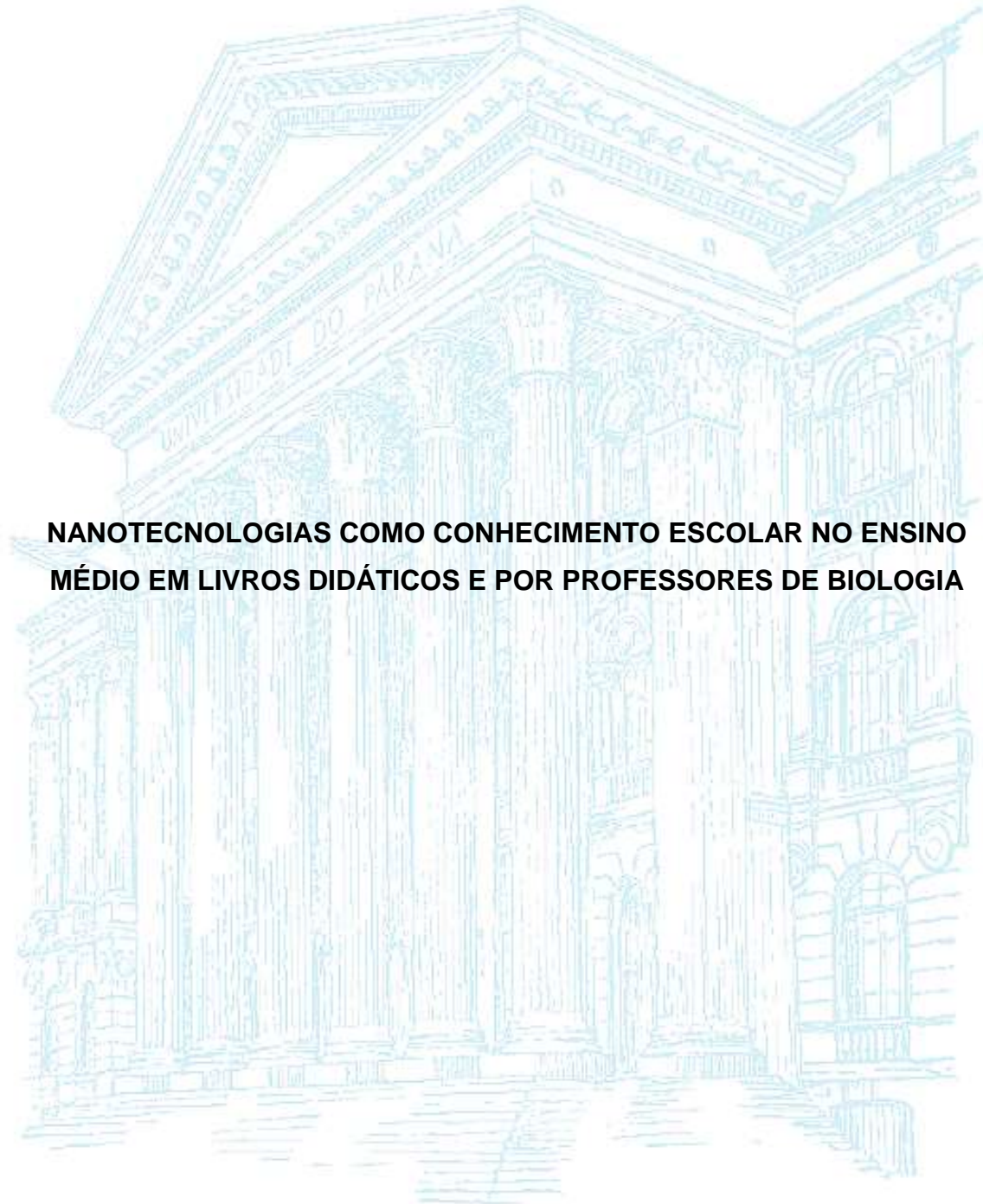


UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

IZABELA PAULINI DE JESUS



**NANOTECNOLOGIAS COMO CONHECIMENTO ESCOLAR NO ENSINO
MÉDIO EM LIVROS DIDÁTICOS E POR PROFESSORES DE BIOLOGIA**

CURITIBA

2016

IZABELA PAULINI DE JESUS

**NANOTECNOLOGIAS COMO CONHECIMENTO ESCOLAR NO ENSINO
MÉDIO EM LIVROS DIDÁTICOS E POR PROFESSORES DE BIOLOGIA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Educação no Programa de Pós-Graduação em Educação, Linha de pesquisa Cultura, Escola e Ensino, Setor de Educação, Universidade Federal do Paraná.

Orientadora: Prof^a Dr^a Ivanilda Higa

CURITIBA

2016

Catálogo na Publicação
Cristiane Rodrigues da Silva – CRB 9/1746
Biblioteca de Ciências Humanas e Educação – UFPR

Jesus, Izabela Paulini de
Nanotecnologias como Conhecimento Escolar no Ensino Médio em Livros
Didáticos e por Professores de Biologia./ Izabela Paulini de Jesus. – Curitiba, 2016.
247 f.

Orientadora: Profª Dra. Ivanilda Higa.
Dissertação (Mestrado em Educação) – Setor de Educação da Universidade
Federal do Paraná.

1. Educação – Nanotecnologia. 2. Ensino – Biologia. 3. Livros Didáticos.
I. Título.

CDD 373



PARECER

Defesa de Dissertação de Izabela Paulini de Jesus para obtenção do Título de MESTRA EM EDUCAÇÃO. Os abaixo assinados, Prof. Dr. Nilson Marcos Dias Garcia, Prof. Dr. Leonir Lorenzetti, Prof.^a Dr.^a Ivanilda Higa, Prof. Dr. Henrique César da Silva (on-line), arguíram, nesta data, a candidata acima citada, a qual apresentou a seguinte Dissertação: "NANOTECNOLOGIAS COMO UM CONHECIMENTO ESCOLAR NO ENSINO MÉDIO EM LIVROS DIDÁTICOS E POR PROFESSORES DE BIOLOGIA".

Procedida a arguição, segundo o Protocolo aprovado pelo Colegiado, a Banca é de Parecer que a candidata está Apta ao Título de MESTRA EM EDUCAÇÃO, tendo merecido as apreciações abaixo:

BANCA	ASSINATURA	APRECIÇÃO
Prof. Dr. Nilson Marcos Dias Garcia		aprovada
Prof. Dr. Leonir Lorenzetti		aprovado
Prof. ^a Dr. ^a Ivanilda Higa		aprovada
Prof. Dr. Henrique César da Silva (on-line)		aprovada

Curitiba, 29 de março de 2016.

Prof.^a Dr.^a Maria Rita de Assis César
Vice-Coordenadora do PPGE



Prof.^a Dr.^a Maria Rita de Assis César
Matrícula: 1511045
Vice-Coordenadora do Programa de
Pós-Graduação em Educação

AGRADECIMENTOS

À minha família que possibilitou que eu seguisse estudando e pelo apoio aos meus sonhos e planos, em especial aos meus pais Ivone e Ataíde.

À minha orientadora, Professora Ivanilda Higa, que apesar de ser “da Física” acolheu e apoiou o desenvolvimento desta pesquisa “da Biologia”. Também sou grata pela atenção, paciência, cuidado com as palavras, orientação e pelo aprendizado.

Ao meu companheiro, Thiago, pelo apoio, incentivo e contribuições.

Aos Professores colaboradores desta pesquisa que dispuseram de seu tempo para as entrevistas, possibilitando que este estudo fosse desenvolvido.

A todos que cooperaram buscando pelos livros didáticos - tão difíceis de encontrar - e àqueles que sugeriram possíveis professores colaboradores para esta pesquisa.

Aos professores que compuseram a banca de qualificação e de defesa deste trabalho, Nilson Marcos Dias Garcia, Leonir Lorenzetti, Marcelo Lambach, Henrique César da Silva, Tatiana Galieta Nascimento pelo aceite em participar deste momento importante da pesquisa e também pelas sugestões, disposição, encaminhamentos e cooperação.

Aos meus colegas da graduação e também das disciplinas do mestrado pelos incentivos, discussões e contribuições e também pelos momentos de descontração.

Aos colegas do grupo de pesquisa pelo trabalho coletivo e auxílio da construção da pesquisa.

À minha orientadora do TCC da Licenciatura, Professora Araci Asinelli da Luz, que me orientou nos primeiros passos da pesquisa em Educação e me incentivou a continuar pesquisando.

À minha orientadora de Iniciação Científica, Professora Sonia Grotzner, e ao laboratório de Toxicologia Celular pela oportunidade, aprendizado e por ter me apresentado o “nanomundo”.

Aos professores das disciplinas do mestrado que me receberam e contribuíram com o desenvolvimento da pesquisa e com a minha formação, em especial à

Tânia Maria Figueiredo Braga Garcia, Odissea Boaventura de Oliveira, Ivanilda Higa, Nilson Marcos Dias Garcia e Leonir Lorenzetti.
À CAPES pelo apoio financeiro.

RESUMO

Esta pesquisa teve por objetivo compreender o processo de constituição e estruturação do conhecimento escolar em nanotecnologias no ensino de Biologia. Para isso, foi adotado o pressuposto de que “duas são as instâncias determinantes do processo de seleção cultural que estrutura o conhecimento escolar: livros didáticos e saberes docentes” (LOPES, 1999, p. 92). Tal pressuposto encaminhou à necessidade de investigar livros didáticos e saberes docentes. A investigação foi fundamentada na perspectiva da Pesquisa Qualitativa e adotou como principais referenciais teóricos, para compreensão da constituição do conhecimento escolar, a teoria da Transposição Didática baseada em Chevallard (1991), a Disciplinarização em Chervel (1990), a Seleção Cultural Escolar de Forquin (1992; 1993) e o Conhecimento Escolar, apoiada em Lopes (1999). O referencial da Alfabetização Científica e Tecnológica permitiu elucidar as finalidades do ensino de Biologia e o enfoque CTS foi empregado como uma perspectiva para a abordagem problematizada das nanotecnologias. A pesquisa foi desenvolvida por meio de um estudo exploratório e dos seguintes estudos principais: revisão de literatura, análise de livros didáticos de Biologia e o estudo das percepções de professores de Biologia, por meio de entrevistas. Foram analisados os livros didáticos de Biologia aprovados no PNL 2015 e também o Livro Didático Público de Biologia (SEED-PR, 2006). Em relação aos estudos principais, a revisão de literatura evidenciou que já existem propostas de ensino das nanotecnologias, implementadas ou não, tanto na Educação Básica quanto em cursos de formação docente em várias áreas de conhecimento. Não foram identificados trabalhos focados na inserção das nanotecnologias na disciplina de Biologia. A análise das propostas de ensino voltadas ao Ensino Médio permitiu identificar duas modalidades de constituição dos conhecimentos em nanotecnologias no ensino: *baseada na escola* e *baseada nas nanotecnologias*. Em relação aos livros didáticos de Biologia, dentre 28 analisados, quatro inseriram os conhecimentos em nanotecnologias. Estes conhecimentos geralmente apareceram “marginalizados”, em *boxes*, e pouco articulados aos conteúdos escolares tradicionais. Quanto aos professores colaboradores, dentre cinco entrevistados, dois afirmaram já ter mencionado a temática em aula, por meio da estratégia de exemplificação, e os demais se manifestaram favoráveis à inserção dos conhecimentos em nanotecnologias, sugerindo propostas para o ensino da temática. A maioria das propostas dos professores colaboradores envolveu uma abordagem problematizada das nanotecnologias e foram constituídas articuladas ao contexto escolar. Eles mesmos criaram estratégias de ensino buscando a aproximação destas tecnologias ao cotidiano dos estudantes. Portanto, há indícios de que professores não aguardam que os conhecimentos em nanotecnologias sejam transformados em *saberes a ensinar* e publicados em livros didáticos ou em documentos oficiais relativos à disciplina de Biologia para inseri-los em suas aulas. As análises das propostas sugeridas por livros didáticos e por professores indicou que tais instâncias vêm constituindo o conhecimento escolar em nanotecnologias de modos diferentes, segundo os eixos de análise utilizados. Assim, os resultados da pesquisa evidenciaram que os conhecimentos em nanotecnologias vêm sendo eleitos

pelo processo de Seleção Cultural Escolar para serem transformados em conhecimento escolar e, neste sentido, o conhecimento escolar em nanotecnologias está em construção na disciplina de Biologia.

Palavras-chave: Conhecimento Escolar. Nanotecnologias. Ensino de Biologia. Livros didáticos. Saberes Docentes.

ABSTRACT

This research aimed to understand the process of constitution and structuring of scholar knowledge in nanotechnologies in Biology teaching. For this, the assumption that "there are two crucial instances of cultural selection process that structure the school knowledge: textbooks and teachers knowledge" (LOPES, 1999, p. 92.) was adopted. Such premise led to the need to investigate textbooks and teachers' knowledge. The investigation was based on the perspective of Qualitative Research and adopted, as the main theoretical framework, for understanding the formation of school knowledge, the theory of Didactic Transposition based on Chevallard (1991), the *Disciplinarization* in Chervel (1990), the School Cultural Selection of Forquin (1992; 1993) and the School Knowledge, supported by Lopes (1999). The Scientific and Technological Literacy reference allowed elucidating the goal of Biology teaching and the STS approach was used as a perspective for a discussed approach of nanotechnologies. The research was developed by an exploratory study and the following main studies: literature review, analysis of Biology's textbooks and the study of Biology teachers' perceptions, done through interviews. The analyzed books were: biology textbooks, approved at the Didactic Book National Plan (PNLD) of 2015, and also the Public Didactic Book of Biology (SEED – Secretary's State of Education, 2006). Regarding to the main studies, the literature review revealed that already existed elaborated teaching proposals in nanotechnologies, implemented or not, even in Basic Education as well in teacher training courses in many knowledge fields. Publications focused on knowledge insertion at nanotechnologies in Biology courses weren't found. The analysis of educational proposals at High School allowed identifying two kinds of knowledge building at nanotechnologies in education: *school-based* and *nanotechnologies-based*. In terms of Biology textbooks, among the 28 analyzed, four presented nanotechnologies' knowledge, which often appeared "marginalized" in boxes, and slightly articulated to traditional school subjects. With regard to staff teachers, among the five respondents, two told that had already mentioned the subject in classroom, using the exemplification strategy, and the others were in favor of using knowledge in nanotechnologies, suggesting proposals for this thematic teaching. Most teachers' proposals involved a discussed approach to nanotechnologies and were articulated to the school context. They have created teaching strategies seeking approximation of technologies to the daily lives of students. Thus, there are indications that teachers don't keep waiting for the nanotechnology being transformed into knowledge to be taught, published in textbooks or in official documents related to the discipline of Biology to insert it in their classes. The analysis of the proposals suggested by textbooks and by teachers indicated that such instances have constituted the school knowledge in nanotechnologies in different ways, according to the analysis axes. That way, the research results showed that the knowledge in nanotechnologies has been chosen by the process of School Cultural Selection to be transformed into scholar knowledge and, in this sense, school knowledge in nanotechnologies is under construction in the discipline of Biology.

Keywords: School knowledge. Nanotechnologies. Biology teaching. Textbooks. Teachers' knowledge.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - ESQUEMA DO PROCESSO DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA	37
FIGURA 2- ESQUEMA QUE RELACIONA OS SABERES DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA, SEGUNDO CHEVALLARD (1991) E AS INSTÂNCIAS ESTRUTURANTES DA CONSTITUIÇÃO DO CONHECIMENTO ESCOLAR, SEGUNDO LOPES (1999)	42
FIGURA 3 ESQUEMA DAS ABORDAGENS DAS NANOTECNOLOGIAS PARA CONSTRUÇÃO DE NANOPARTÍCULAS	57
FIGURA 4 - ESQUEMA DO PERCURSO DA PESQUISA	71
FIGURA 5 - ESQUEMA DOS EIXOS E SUBEIXOS E RESPECTIVOS NÚMEROS DE PUBLICAÇÕES IDENTIFICADAS NA REVISÃO DE LITERATURA	88
FIGURA 6 - ESQUEMA EXPLICATIVO DAS MODALIDADES DE CONSTITUIÇÃO DO CONHECIMENTO ESCOLAR EM NANOTECNOLOGIAS EVIDENCIADAS PELA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	112
FIGURA 7 - PÁGINA QUE MENCIONA O TERMO <i>NANORROBÔS</i> NA COLEÇÃO 2	126
FIGURA 8 - PRIMEIRA PÁGINA QUE ABORDA AS NANOTECNOLOGIAS NA COLEÇÃO 7	128
FIGURA 9 - SEGUNDA PÁGINA QUE ABORDA AS NANOTECNOLOGIAS NA COLEÇÃO 7	129
FIGURA 10 - PRIMEIRA PÁGINA QUE ABORDA AS NANOTECNOLOGIAS NA COLEÇÃO 4	131
FIGURA 11 - SEGUNDA PÁGINA QUE ABORDA AS NANOTECNOLOGIAS NA COLEÇÃO 4	132
FIGURA 12 - PRIMEIRA PÁGINA QUE ABORDA AS NANOTECNOLOGIAS NA COLEÇÃO 6	136
FIGURA 13 - SEGUNDA PÁGINA QUE ABORDA AS NANOTECNOLOGIAS NA COLEÇÃO 6	137
FIGURA 14 - IMAGEM QUE ILUSTROU O TEXTO DA COLEÇÃO 4	139

FIGURA 15 - IMAGENS QUE ILUSTRARAM OS TEXTOS SOBRE NANOTECNOLOGIAS NA COLEÇÃO 6.....	140
FIGURA 16 - MONTAGEM DOS ESQUEMAS QUE ILUSTRAM O NANOFILME NO INFOGRÁFICO DA COLEÇÃO 7.....	141
FIGURA 17 - ESQUEMA REFERENTE AOS OBSTÁCULOS À INSERÇÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS NA DISCIPLINA DE BIOLOGIA SEGUNDO OS PROFESSORES COLABORADORES	194
FIGURA 18 - SÍNTESE DOS RESULTADOS DOS EIXOS DE ANÁLISE EM RELAÇÃO AOS LIVROS DIDÁTICOS E AOS PROFESSORES	210

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 TERMOS UTILIZADOS PELOS PROFESSORES PARTICIPANTES DO DEBATE PARA REFERIREM-SE À INSERÇÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS NO ENSINO DE QUÍMICA.....	76
QUADRO 2 - RELAÇÃO DAS COLEÇÕES DE LIVROS DIDÁTICOS ANALISADAS.....	80
QUADRO 3 - DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E VINCULAÇÃO INSTITUCIONAL DOS AUTORES DAS PUBLICAÇÕES FOCADAS NA INCLUSÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO	104
QUADRO 4 - PERSPECTIVAS TEÓRICAS ADOTADAS PELAS PUBLICAÇÕES FOCADAS NA INCLUSÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO.....	108
QUADRO 5 - CARACTERIZAÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD 2015 QUE MENCIONARAM OU ABORDARAM AS NANOTECNOLOGIAS	120
QUADRO 6 - ESPAÇO OCUPADO PELOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS NAS COLEÇÕES DE LIVROS DIDÁTICOS PNLD 2015	122
QUADRO 7 - RELAÇÃO ENTRE AS COLEÇÕES E OS CONTEÚDOS TEXTUAL E VISUAL E ATIVIDADES DIDÁTICAS	125
QUADRO 8 - ESTRATÉGIAS DE INSERÇÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS EM LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA	150
QUADRO 9 - RELAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES DE FORMAÇÃO E TEMPO DE EXPERIÊNCIA DOCENTE DOS PROFESSORES COLABORADORES	163

QUADRO 10 - ALGUNS PARÂMETROS DO CONHECIMENTO DOS PROFESSORES COLABORADORES SOBRE AS NANOTECNOLOGIAS	167
QUADRO 11 TERMOS ADEQUADOS E INADEQUADOS SEGUNDO OS PROFESSORES COLABORADORES PARA SE REFERIREM AO ENSINO REAL E POTENCIAL DAS NANOTECNOLOGIAS	185
QUADRO 12 - ESTRATÉGIAS DE INSERÇÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS SEGUNDO PROFESSORES DE BIOLOGIA.	187
QUADRO 13 - RELAÇÕES ENTRE OS EIXOS DE ANÁLISE E AS INSTÂNCIAS DETERMINANTES NO PROCESSO DE SELEÇÃO CULTURAL	198

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 - RECURSOS E ESTRATÉGIAS DE ENSINO INDICADAS NAS PROPOSTAS FOCADAS NA INSERÇÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO	109
GRÁFICO 2 - NÚMERO ABSOLUTO DE ESTRATÉGIAS DE INSERÇÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS ADOTADAS POR LIVROS DIDÁTICOS E PROFESSORES DE BIOLOGIA	201

LISTA DE SIGLAS

ABDI	- Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial
ACT	- Alfabetização Científica e Tecnológica
CNPq	- Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CT	- Ciência e Tecnologia
CTS	- Ciência, Tecnologia e Sociedade
CTSA	- Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente
DCNEB	- Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica
ENEM	- Exame Nacional do Ensino Médio
FMC	- Física Moderna e Contemporânea
HAI	- Hora Atividade Interativa
MCTI	- Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação
OCEM	- Orientações Curriculares para o Ensino Médio
PCN	- Parâmetros Curriculares Nacionais
PL	- Projetos de Lei
PIBID	- Programa Institucional de Bolsas de Iniciação a Docência
PNLD	- Plano Nacional do Livro Didático
PPP	- Plano Político Pedagógico
SEED-PR	- Secretaria de Estado da Educação do Paraná
SEMINANOSOMA	- Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente
TCLE	- Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TICs	- Tecnologias de Informação e Comunicação

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
CAPÍTULO I. CONSTITUIÇÃO DO CONHECIMENTO ESCOLAR: FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	24
1.1 SELEÇÃO CULTURAL DOS CONHECIMENTOS ESCOLARES.....	25
1.2 SABERES SOCIAIS EM RELAÇÃO AO QUAL O CONHECIMENTO ESCOLAR SE CONSTITUI: CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS E CONHECIMENTOS COTIDIANOS.....	29
1.3 PROCESSOS CONSTITUINTES CENTRAIS DO CONHECIMENTO ESCOLAR.....	32
1.3.1 A disciplinarização.....	33
1.3.2 A transposição didática.....	34
1.4 AS INSTÂNCIAS DETERMINANTES DO PROCESSO DE SELEÇÃO CULTURAL ESTRUTURANTES DO CONHECIMENTO ESCOLAR: LIVROS DIDÁTICOS E SABERES DOCENTES.....	41
CAPÍTULO II. O CONHECIMENTO EM NANOTECNOLOGIAS E A DISCIPLINA DE BIOLOGIA.....	44
2.1 FINALIDADES DO ENSINO DE BIOLOGIA: A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA.....	44
2.2 O ENFOQUE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE COMO UMA PERSPECTIVA PARA UMA ABORDAGEM PROBLEMATIZADA DAS NANOTECNOLOGIAS.....	49
2.3 A NÃO NEUTRALIDADE DAS NANOTECNOLOGIAS E O CONTEXTO BRASILEIRO.....	56
CAPÍTULO III. CONSTRUÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA DA PESQUISA	68
3.1 PERCURSO DA PESQUISA.....	70
3.2 O ESTUDO EXPLORATÓRIO: DEBATE ONLINE SOBRE ENSINO DAS NANOTECNOLOGIAS.....	71
3.3 INSTRUMENTOS PARA PRODUÇÃO DE DADOS.....	78
3.3.1 Procedimentos de seleção e pré-análise de livros didáticos	78
3.3.2 Estruturação e critérios para as entrevistas	81
CAPÍTULO IV. TENDÊNCIAS NA CONSTITUIÇÃO DO CONHECIMENTO ESCOLAR EM NANOTECNOLOGIAS NA LITERATURA.....	84
4.1 UM PANORAMA DA INSERÇÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO BÁSICA E NO ENSINO SUPERIOR.....	84
4.1.1 EIXO I: Panorama do ensino das nanotecnologias na Educação Básica e no Ensino Superior.....	89
4.1.1.1 Ensino Fundamental	89
4.1.1.2 Ensino Médio.....	92
4.1.1.3 Ensino Superior relacionado à formação docente.....	99
4.1.1.4 Ensino Superior não relacionado à formação de professores.....	102
4.1.2 Eixo II: Propostas focadas no ensino das nanotecnologias no Ensino Médio	102
4.1.2.1 Perfil das publicações	103
4.1.2.2 Análise das propostas de ensino das nanotecnologias no Ensino Médio	105
4.2 MODALIDADES DE CONSTITUIÇÃO DOS CONHECIMENTOS ESCOLARES EM NANOTECNOLOGIAS.....	111
CAPÍTULO V. LIVROS DIDÁTICOS E SABERES DOCENTES COMO INSTÂNCIAS DETERMINANTES DO PROCESSO DE SELEÇÃO CULTURAL QUE ESTRUTURA O CONHECIMENTO ESCOLAR.....	115

5.1 ESTUDOS ANTECEDENTES: LIVROS DIDÁTICOS E OS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS.....	115
5.2 OS LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO PNLD 2015 E OS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS.....	118
5.2.1 Perfil dos livros didáticos que abordaram as nanotecnologias	119
5.2.2 Espaço ocupado pelos conhecimentos em nanotecnologias nos livros didáticos do PNLD 2015	121
5.2.3 Conteúdo relativo às nanotecnologias nos livros didáticos	125
5.2.3.1 Conteúdo textual.....	126
5.2.3.2 Conteúdo visual	138
5.2.3.3 Atividades Didáticas	143
5.2.4 Análises da construção do <i>saber a ser ensinado</i> relativa aos conhecimentos em nanotecnologias.....	146
5.3 ESTUDOS ANTECEDENTES: PROFESSORES, LICENCIANDOS E OS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS.....	153
5.3.1 Percepções de licenciandos	154
5.3.2 Percepções de professores.....	155
5.3.3 O papel do professor na inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio, segundo as pesquisas acadêmicas	158
5.4 PROFESSORES COLABORADORES E A INSERÇÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS EM AULAS DE BIOLOGIA.....	162
5.4.1 Perfil dos Professores Colaboradores	163
5.4.2 Percepções dos professores colaboradores sobre as nanotecnologias e fontes de informações consultadas.....	167
5.4.3 Inserção real e potencial das nanotecnologias na disciplina de Biologia pelos professores colaboradores.....	173
5.4.3.1 Inserção real das nanotecnologias na disciplina de Biologia.....	174
5.4.3.2 Inserção potencial das nanotecnologias na disciplina de Biologia pelos professores colaboradores.....	178
5.4.4 Análises do ensino real e potencial das nanotecnologias relatado pelos professores colaboradores.....	183
5.5 ANÁLISES DA CONSTITUIÇÃO DO CONHECIMENTO ESCOLAR SOBRE NANOTECNOLOGIAS POR LIVROS DIDÁTICOS E PROFESSORES DE BIOLOGIA.....	196
CONSIDERAÇÕES FINAIS	212
REFERÊNCIAS	222
APÊNDICE I - RELAÇÃO CRONOLÓGICA DAS PUBLICAÇÕES ANALISADAS NO EIXO PROPOSTAS DE INCLUSÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO	239
APÊNDICE 2 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO.....	242
APÊNDICE 3 - FICHA DE DADOS PESSOAIS	244
APÊNDICE 4 - ROTEIRO DE ENTREVISTA COM PROFESSORES DE BIOLOGIA.....	246

INTRODUÇÃO

A minha preocupação com o ensino das nanotecnologias surgiu no período da graduação em Ciências Biológicas, quando participava como bolsista de Iniciação Científica de um projeto de pesquisa sobre Toxicologia Celular. Pesquisávamos os possíveis efeitos de nanopartículas metálicas em peixes a elas expostos. Nesta época, percebi que as nanotecnologias estavam mais presentes no cotidiano das pessoas do que eu imaginava. Surpreendia-me positivamente com a possibilidade de inovações tecnológicas e melhores condições humanas, mas também negativamente com as potenciais consequências do desenvolvimento destas tecnologias.

No final deste período de Iniciação Científica, iniciei as Práticas de Docência da Licenciatura e conversava sobre as nanotecnologias com meu Professor Supervisor da escola, que demonstrava conhecer e se interessar pela temática. Assim decidi pesquisar no meu Trabalho de Conclusão de Curso da Licenciatura as percepções dos professores do Ensino Médio e Ensino Técnico sobre as nanotecnologias, tendo percebido nesta época que alguns professores afirmavam que já trabalhavam em sala de aula questões relacionadas a esta temática. Já no mestrado o projeto de pesquisa seguiu no sentido de aprofundar aquele trabalho e compreender como está se constituindo o conhecimento escolar em nanotecnologias no Ensino Médio, especialmente na disciplina de Biologia.

As nanotecnologias foram consideradas como *estranhas íntimas* pelo físico e professor Peter Schulz em uma entrevista (ALVES-FILHO, 2008): *Estranhas*, segundo ele, porque ainda não são conhecidas pela maioria da população por dois motivos: elas são pouco discutidas *fora da academia e da indústria* e também porque “a educação científica ainda é incipiente na sociedade como um todo” (ALVES-FILHO, 2008, s. p.); *Íntimas*, porque já fazem parte do cotidiano das pessoas, segundo Schulz. Uma possibilidade para tornar esta temática mais familiar às pessoas é o jornalismo científico, segundo o autor.

Neste sentido, textos sobre as nanotecnologias já podem ser encontrados na mídia, por exemplo, relatando sobre tratamentos médicos baseados em nanotecnologias que são, supostamente, mais eficientes no tratamento de câncer por eliminar apenas as células cancerígenas, sem causar tantos efeitos colaterais se comparado aos tratamentos empregados atualmente.

No entanto, assim como outras tecnologias, as nanotecnologias suscitam debates em relação aos impactos do seu desenvolvimento principalmente nas áreas social, ambiental, da ética, da política e da economia. Além disso, há preocupações com os potenciais danos decorrentes das nanotecnologias, como por exemplo, à saúde humana. A ausência destas discussões pode colaborar para permanência dos *mitos* da ciência e da tecnologia, discutidos por Auler (2002). Tais mitos associados às nanotecnologias frequentemente podem ser identificados em textos veiculados na mídia, conforme serão discutidos.

A escola pode auxiliar na desconstrução dos mitos que as envolvem e contribuir para a elaboração junto aos estudantes de uma abordagem problematizada do desenvolvimento e uso das nanotecnologias. Assim, o ensino de Biologia pode contribuir com a *formação ética* e com o desenvolvimento do *pensamento crítico* dos estudantes, conforme os objetivos apontados pelas *Orientações Curriculares para o Ensino Médio* (2006). Este documento, assim como as *Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica* mencionam as nanotecnologias como uma temática pertinente à Educação Básica, portanto, aos Ensinos Fundamental e Médio.

O ensino das nanotecnologias já foi tema de um artigo no jornal *Folha de São Paulo*. O texto *Seca vira tema de excursão e aula de ciência em escolas*¹ publicado em outubro de 2014 descreve a mobilização de uma estudante que se interessou pelas nanotecnologias após ler em um jornal sobre a tinta com efeito autolimpante empregada em automóveis. A estudante,

¹ Texto disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/cotidiano/2014/10/1538407-seca-vira-tema-de-excursao-e-aula-de-ciencia-em-escolas.shtml>>. Acesso em: 25/03/2015

percebendo que este efeito da tinta poderia reduzir o consumo de água potável, decidiu testar a tinta em seu próprio sapato. O teste foi apresentado na feira de ciências de uma escola da rede particular de ensino. O mesmo artigo de jornal relata que além da feira, as nanotecnologias também estiveram presentes numa das aulas de Ciências, na qual “a professora ensinou a nanotecnologia empregada na produção do material [tinta] e seus diferentes usos” (FOLHA DE SÃO PAULO, 2014, s. p.). A coordenadora da escola, segundo o artigo, afirmou ter se surpreendido com o engajamento dos alunos e que nunca havia visto reação semelhante. Neste exemplo, as nanotecnologias aparecem como uma tecnologia alternativa à escassez de água potável no estado de São Paulo, problemática presente no cotidiano destes estudantes.

Portanto, já há documentos oficiais e textos na mídia apontando para a abordagem das nanotecnologias na Educação Básica, mas de forma esporádica.

Entende-se que a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no ensino não seja apenas um acréscimo de mais uma temática a ser trabalhada em aula, acabando por “inchar” o currículo. Tal inserção também implica em um processo de reconstrução dos currículos, assim como será discutido no Capítulo I.

Para compreensão de como vem ocorrendo esta constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias adotou-se como principal **pressuposto da pesquisa** que “duas são as instâncias determinantes do processo de seleção cultural que estrutura o conhecimento escolar: livros didáticos e saberes docentes” (LOPES, 1999, p. 92), o que levou à necessidade de investigar os livros didáticos e os saberes docentes.

Neste sentido, a presente pesquisa se ocupa da reflexão acerca do seguinte **problema de pesquisa: como vem ocorrendo a constituição e estruturação do conhecimento escolar em nanotecnologias na disciplina de Biologia no Ensino Médio?** Portanto, o **objetivo geral** da pesquisa foi compreender o processo de constituição e estruturação do conhecimento escolar em nanotecnologias no ensino de Biologia. A fim de atingir o objetivo

geral, foram estabelecidos três **objetivos específicos**: i) Identificar as tendências do ensino das nanotecnologias na literatura; ii) Analisar a presença, constituição e estruturação dos conhecimentos em nanotecnologias em livros didáticos de Biologia e iii) Caracterizar as percepções e ações de professores de Biologia da rede pública de ensino a respeito do ensino das nanotecnologias.

As principais **questões que orientaram** o desenvolvimento da pesquisa foram: quais as tendências para o ensino das nanotecnologias a partir da literatura? Quais as perspectivas presentes nos livros didáticos de Biologia em relação ao conhecimento em nanotecnologias? Quais as percepções de professores de Biologia em relação ao ensino de nanotecnologias? Em que a abordagem dos conhecimentos em nanotecnologias pode contribuir na formação dos estudantes? Tais questões nortearam o desenvolvimento da pesquisa e serão discutidas ao longo desta dissertação.

Embora concebendo que as nanotecnologias sejam interdisciplinares, a presente pesquisa procurou explorar tal área a partir da perspectiva disciplinar da Biologia, pois geralmente a escola trata o conhecimento de forma disciplinar, buscando interligar os diversos conhecimentos.

A abordagem adotada foi a da Pesquisa Qualitativa e o percurso da pesquisa foi composto por um estudo exploratório seguido por três estudos principais: a revisão de literatura, a análise de livros didáticos e das entrevistas com os professores colaboradores desta pesquisa.

No estudo exploratório buscou-se compreender as perspectivas em relação ao ensino das nanotecnologias manifestadas por professores em um debate *online* promovido em 2013 pela Secretaria de Estado da Educação do Paraná (SEED-PR). Apesar de os professores participantes deste debate lecionarem Química, percebeu-se que o conteúdo do debate transcendeu as questões específicas da disciplina e possibilitava compreender posicionamentos deles em relação à temática debatida. Assim, tal estudo propiciou uma aproximação à temática estudada e possibilitou compreender o que já foi debatido, construído e proposto para o ensino das nanotecnologias.

Além disso, permitiu a aquisição de vocabulário adequado, segundo os professores participantes do debate, para referir-se às inserções dos conhecimentos sobre as nanotecnologias, já implementadas por eles no Ensino Médio. A este respeito, eles diferenciaram os termos **abordar/trabalhar os conhecimentos em nanotecnologias dos termos fazer citações/falar/comentar** sobre esta temática, revelando que estes termos referem-se à menção, a exemplos referidos em aula ou às pesquisas realizadas pelos alunos, enquanto aqueles termos representam a explicação, o desenvolvimento dos conhecimentos em nanotecnologias pelo professor, podendo ou não envolver materiais didáticos. Estas distinções foram consideradas ao longo da pesquisa e admitiu-se que ambas são formas de ensino das nanotecnologias.

Em relação aos estudos principais, na revisão de literatura identificaram-se trabalhos não somente no Ensino Médio, mas também no Ensino Fundamental e no Ensino Superior, o que conduziu à elaboração de um panorama das inserções dos conhecimentos em nanotecnologias no contexto da Educação.

Os livros didáticos de Biologia foram pré-analisados quanto à presença dos conhecimentos em nanotecnologias. Aqueles nos quais tal presença foi identificada foram analisados em relação ao espaço e à constituição destes conhecimentos nas obras. Os conteúdos textuais e visuais relacionados aos conhecimentos em nanotecnologias foram investigados, bem como as atividades didáticas propostas por estes materiais.

Já os saberes docentes foram investigados por meio de entrevistas semiestruturadas realizadas com professores de Biologia da rede pública de ensino. Tais professores formaram-se em instituições diferentes e também estavam em momentos distintos da carreira docente.

Assim, por meio das perspectivas expressas na literatura, nos livros didáticos e por professores de Biologia, pôde-se compreender como vem ocorrendo a constituição e estruturação do conhecimento escolar em nanotecnologias no ensino de Biologia. A análise desta constituição elaborada

por livros didáticos e por professores de Biologia foi realizada por meio de sete eixos de análise.

A pesquisa está organizada nesta dissertação em capítulos, os quais são apresentados a seguir.

No Capítulo I foram discutidos os saberes, processos e instâncias que influenciam e determinam a constituição dos conhecimentos escolares. Este capítulo tem como principal referencial teórico as discussões realizadas por Alice Lopes no livro *Conhecimento escolar: ciência e cotidiano* (1990), mas também por outros autores referidos a seguir. Abordam-se os saberes sociais que, segundo a autora, constituem o conhecimento escolar no ensino de Ciências - conhecimentos científicos e cotidianos - e também os processos constituintes deste conhecimento: a seleção cultural dos conhecimentos escolares (FORQUIN, 1992; 1993), a transposição didática (CHEVALLARD, 1991) e a disciplinarização (CHERVEL, 1990). Este capítulo também trata dos livros didáticos e dos saberes docentes como instâncias determinantes na constituição do conhecimento escolar (LOPES, 1999), pressuposto adotado nesta pesquisa.

No Capítulo II discorreu-se sobre os elementos fundamentais ao debate sobre a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na disciplina de Biologia. Para isso, buscou-se compreender, na primeira seção, se os conhecimentos em nanotecnologias poderiam auxiliar no alcance das finalidades do ensino de Biologia orientadas por documentos oficiais e, neste sentido, a alfabetização científica e tecnológica (ACT) foi discutida como uma finalidade. Na segunda seção, assumiu-se o enfoque ciência, tecnologia e sociedade (CTS) como uma perspectiva para uma abordagem problematizada das nanotecnologias no ensino. Assim, esta seção traz uma caracterização do enfoque CTS e também exemplos, veiculados na mídia, de associações entre os *mitos* relacionados à ciência e à tecnologia (AULER, 2002) e às nanotecnologias. Na terceira e última seção discute-se a problemática em relação à definição das nanotecnologias e distingue-se este termo da

expressão *nanotecnologia*², a partir do cenário de emergência das nanotecnologias descrito por Joachim e Plévert (2009). Também foram discutidas preocupações em relação aos possíveis danos decorrentes destas tecnologias bem como o desenvolvimento das nanotecnologias no contexto brasileiro, buscando evidenciar temáticas relacionadas à Biologia.

No Capítulo III relatou-se a construção teórica e metodológica da pesquisa, evidenciando os pressupostos da Pesquisa Qualitativa. O percurso da pesquisa, o estudo exploratório e os instrumentos que permitiram a produção dos dados da pesquisa, a saber, as entrevistas e as análises dos livros didáticos foram apresentadas. Também foram indicadas todas as coleções de livros didáticos que foram pré-analisadas em relação à presença dos conhecimentos em nanotecnologias, bem como aquelas nas quais foi identificada tal presença. Além disso, foram apresentados os critérios de seleção dos professores colaboradores desta pesquisa e a estrutura das entrevistas.

O Capítulo IV evidenciou principalmente as tendências no ensino das nanotecnologias no Ensino Médio conforme a revisão de literatura desenvolvida. As publicações cujas propostas focavam na inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio foram analisadas mais detalhadamente para compreensão das tendências no ensino desta temática. Os trabalhos identificados na revisão que investigaram livros didáticos e saberes docentes relacionados aos conhecimentos em nanotecnologias foram apresentados no Capítulo V.

No Capítulo V foram apresentadas as análises das perspectivas das duas instâncias determinantes na constituição do conhecimento escolar: os livros didáticos e os saberes docentes. Assim, este capítulo foi segmentado em três seções: a primeira refere-se à análise dos livros didáticos; a segunda à

² Esta distinção, resumidamente, refere-se ao fato de o termo *nanotecnologia* representar a capacidade de manipulação dos átomos um a um para construção de estruturas, já as *nanotecnologias* correspondem a um conjunto de tecnologias que manipulam a matéria em escala nanométrica e, portanto, não constrói objetos a partir de átomos, mas a partir de partículas maiores (1 a 100 nanômetros).

investigação dos saberes docentes e a última à análise das propostas elaboradas por estas duas instâncias. Os estudos anteriores, identificados na revisão de literatura, sobre os conhecimentos em nanotecnologias em livros didáticos e as percepções de professores e licenciandos sobre o ensino das nanotecnologias foram analisados em seções específicas.

Assim, na seção 5.2 indicaram-se os livros didáticos de Biologia aprovados pelo Plano Nacional do Livro Didático (PNLD) 2015 que abordaram ou mencionaram os conhecimentos em nanotecnologias. Tais análises foram apresentadas anteriormente às dos saberes docentes porque o processo de transposição didática descrito por Chevallard (1991) estabelece que os conhecimentos que são transformados por este processo são dispostos inicialmente em livros didáticos (por meio da transposição didática externa discutida no Capítulo I) e posteriormente constituem os saberes docentes. Esta pesquisa auxiliou a problematizar esta disposição colocada pelo autor. Nesta seção, discorre-se sobre as estratégias de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na disciplina de Biologia, as quais foram elaboradas a partir da análise dos livros didáticos e das propostas de ensino dos professores colaboradores.

Na seção 5.4 discutem-se os perfis dos professores, as percepções em relação às nanotecnologias, as inserções reais (já desenvolvidas em aula) e potenciais (sugeridas, mas não implementadas) relatadas por eles e por fim uma análise destas inserções.

Já na seção 5.5, analisaram-se as perspectivas de constituição e estruturação do conhecimento escolar em nanotecnologias sugeridas por livros didáticos e por professores de Biologia. Neste estudo foram utilizados sete eixos de análise e os resultados permitiram argumentar que as instâncias vêm constituindo o conhecimento escolar em nanotecnologias de modos diferentes.

Por fim, nas Considerações Finais sistematizam-se os principais resultados evidenciados nesta pesquisa. Procurou-se refletir sobre as tendências e perspectivas da constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias, bem como sobre algumas influências internas e externas ao

contexto escolar em relação a esta constituição. Também se argumentou em favor de alguns elementos que devem permear o ensino da temática analisada, abrindo novas perspectivas de estudos.

CAPITULO I. CONSTITUIÇÃO DO CONHECIMENTO ESCOLAR: FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A compreensão da inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na Educação faz parte de uma problemática mais ampla relativa à seleção cultural dos conhecimentos escolares, ou seja, trata-se de problematizar porque algo é ensinado-aprendido em determinado sistema escolar.

A fim de compreender o processo de constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias, o seguinte pressuposto foi adotado:

[...] duas são as instâncias determinantes do processo de seleção cultural que estrutura o conhecimento escolar: os saberes docentes e o livro didático, ambos atualmente constituídos (LOPES, 1999, p. 92, grifo nosso).

Assim, a presença dos conhecimentos em nanotecnologias nestas duas instâncias indicaria que tal temática foi eleita pelo processo de seleção cultural para compor os conhecimentos escolares e, além disso, este processo estrutura o conhecimento escolar.

Além do processo de seleção cultural, Lopes (1999, p. 158) também parte de duas premissas na elaboração do conhecimento escolar:

Parto de algumas premissas, já devidamente desenvolvida por outros autores, na definição do conhecimento escolar: 1) trata-se de um conhecimento selecionado a partir de uma cultura social mais ampla, que passa por uma processo de transposição didática, ao mesmo tempo que é disciplinarizado; 2) constitui-se no embate com os demais saberes sociais, diferenciando-se dos mesmos. Em síntese, **o conhecimento escolar define-se em relação aos demais saberes sociais**, seja o conhecimento científico, o conhecimento cotidiano ou os saberes populares. (LOPES, 1999, p. 24, grifo da autora).

Neste sentido, a primeira premissa apontada foi de que a seleção cultural distingue aqueles conhecimentos que farão parte do contexto escolar. A partir desta seleção, os processos de disciplinarização e transposição didática transformam os elementos da cultura em conhecimentos escolares.

A segunda premissa considera que o conhecimento escolar constitui-se a partir de saberes sociais, destacadamente os conhecimentos escolares e os conhecimentos cotidianos.

Apesar de Lopes (1999, p. 94-97) discutir a distinção entre *saberes* e *conhecimentos* por meio de outros autores, não se identificou que a autora os distinguiu explicitamente, pois há trechos em que há equivalência entre, por exemplo, *saber cotidiano* e *conhecimento cotidiano* (p. 138). Apesar de reconhecer que há autores que diferenciam *saberes* e *conhecimentos*, conforme discutido pela autora, esta distinção não foi aqui considerada.

A partir destas considerações discutem-se os processos, instâncias e saberes relacionados à constituição do conhecimento escolar.

1.1 SELEÇÃO CULTURAL DOS CONHECIMENTOS ESCOLARES

O que ensinar nas escolas e os processos de seleção envolvidos nesta questão é uma temática que há décadas vem sendo discutida por vários autores. Forquin (1993, p. 14) discute que o que se ensina na escola é cultura, ou seja, que a escola trabalha a cultura junto aos estudantes, portanto, a cultura é *transmitida*³ e perpetuada *pela e na* escola. Assim, no processo de seleção há um fluxo da cultura em direção à educação, pois “a cultura é o conteúdo substancial da educação, sua fonte e sua justificação última: a educação não é nada fora da cultura e sem ela” (FORQUIN, 1993, p. 14). Assim, segundo o autor, a *metáfora da bricolagem* pode ser utilizada para compreensão da relação entre cultura e educação, pois tal metáfora consiste na “re-utilização, para fins pragmáticos momentâneos, de elementos tomados de empréstimo de sistemas heterogêneos” (p. 15). O autor explica ainda que não há necessariamente um reflexo ou uma correspondência entre os elementos dessa relação.

Por outro lado, há a formação de uma cultura a partir da escola: a cultura da escola e a cultura escolar. A *cultura da escola*, segundo Forquin (1993, p. 167) é aquela criada em determinado contexto, no mesmo sentido da “cultura da oficina” ou “cultura da prisão”, a escola tem suas próprias

³ Apesar de usar o termo *transmissão*, Forquin (1993) evidencia posteriormente em seu livro que a escola também constrói uma cultura própria e não apenas transmite uma cultura elaborada fora dela.

características “seus ritmos e seus ritos, sua linguagem, seu imaginário, seus modos próprios de regulação e de transgressão, seu regime próprio de produção e de gestão de símbolos”. Já a *cultura escolar* é “o conjunto dos conteúdos cognitivos e simbólicos que, selecionados, organizados, ‘normalizados’, ‘rotinizados’ [...] que constituem o objeto de transmissão deliberada no contexto das escolas” (p. 167), portanto, os conhecimentos escolares fazem parte da cultura escolar.

Se a escola pode muito bem aparecer como o lugar e a matriz de saberes típicos e de formas típicas de atividades intelectuais, é preciso reconhecer que estes elementos originais não permanecem sempre encerrados nos trâmites do mundo escolar, mas são capazes também, por seu poder de modelagem de *habitus*, de influenciar o conjunto de práticas culturais e os modos de pensamento que têm curso num país num momento dado (FORQUIN, 1992, p. 36).

Portanto, há elementos culturais que se originam na escola e podem ser identificados fora dela, como marcas que apenas os indivíduos escolarizados possuem. Então, também há um fluxo da cultura elaborada na escola para a cultura fora dela, na qual transformações promovidas pela Educação também podem gerar mudanças na cultura e modificações na cultura pode, então, acarretar alterações na Educação.

Neste sentido, não há um fluxo somente da cultura para a escola, mas também há a formação de culturas a partir da escola, conforme apresentadas anteriormente.

Mas toda cultura tem espaço na escola? Lopes (1999) discute algumas explicações para o fato de apenas algumas culturas serem admitidas na escola. Numa *perspectiva tradicional da Educação*, nem toda a cultura é transmitida na escola devido ao fator quantitativo (p. 83). A autora discute que na vertente dos educadores preocupados em formar para a mudança, a “Educação se deve ocupar das necessidades da cultura atual e ajudar a formar o futuro” e os conteúdos são selecionados para que auxiliem neste ideal da mudança, de “reconstrução social” (p. 84).

No entanto, ela ainda aponta que ambas as concepções não problematizam o *caráter ideológico e arbitrário* deste processo de seleção.

É como se coubesse à escola apenas selecionar o que é mais ou menos importante ensinar, dentre um conjunto amplo de

conhecimentos, sem questionar o que é ou não conhecimento, a quem serve ou não dado conhecimento (LOPES, 1999, p. 86).

Portanto, é fundamental questionar os interesses inculcados em determinados conhecimentos presentes nos currículos a fim de esclarecer a que se presta o ensino/aprendizagem de determinado conhecimento.

Além disso, não somente aqueles conhecimentos que constam nos currículos é que estão presentes nas salas de aulas. Há elementos que não são registrados nos documentos escolares e mesmo assim estão em sala de aula, compondo o que Dale⁴ (1977 *apud* FORQUIN, 1993, p. 23) nomeou de “currículo oculto”:

[...] coisas que se adquirem na escola (saberes, competências, representações, papéis, valores) sem jamais figurar nos programas oficiais ou explícitos, seja porque elas realçam uma “programação ideológica” tanto mais imperiosa quanto mais ela é oculta [...], seja porque elas escapam, ao contrário, a todo controle institucional [...] (FORQUIN, 1993, p. 23).

Assim, a possibilidade da escola selecionar qualquer conhecimento científico é um mito, bem como a ideia de socialização do conhecimento científico, como ressalta Lopes (1999) apoiada em Silva⁵ (1992).

Silva salienta, muito apropriadamente, como a crença em uma disponibilidade do conhecimento é uma visão idealista do moderno processo de produção da ciência e da tecnologia e de sua utilização, uma visão decorrente de um isolamento dos educadores do mundo real da economia. No sistema de produção capitalista, o conhecimento e a ciência produzidos não estão imediatamente disponíveis para livre distribuição. (LOPES, 1999, p. 90).

Assim, nem todo conhecimento pode ser selecionado porque nem todo conhecimento científico é tornado público, conforme os interesses de quem os produz.

Se a Educação não *transmite uma* cultura, nem a cultura, mas sim *algo da* cultura (FORQUIN, 1993, p. 15) como os conhecimentos que são ensinados/aprendidos na escola são escolhidos?

O autor discute que os critérios de seleção cultural escolar variam e dependem de muitos fatores, tais como épocas, localidades, ideologias

⁴ DALE, R. Implications of the Rediscovery of the Hidden Curriculum for the Sociology of Teaching, in: GLEESON, D. (ed.) **Identity and Structure: issues in the Sociology of Education**, Driffield, Nafferton Books, 1977, p. 44-54.

⁵ SILVA, Tomaz Tadeu, **O que produz e o que reproduz na educação**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1992.

políticas e pedagógicas dominantes e perfil dos alunos. Além disso, se o tempo fosse suficiente para toda uma cultura ser transmitida na escola não seria necessária tal seleção, portanto o tempo disponível também é um dos fatores influentes no processo de seleção cultural escolar.

A “modernidade”, segundo o autor, também tem um papel nesta seleção.

Que o mundo muda sem cessar: eis aí certamente uma velha banalidade. Mas para aqueles que analisam o mundo atual, alguma coisa de radicalmente nova surgiu, alguma coisa mudou na própria mudança: é a rapidez e a aceleração perpétua de seu ritmo, e é também o fato de que ela se tenha tornado um valor enquanto tal, e talvez o valor supremo, o próprio princípio da avaliação de todas as coisas. (FORQUIN, 1993, p. 18).

Neste sentido, Forquin enfatiza que os novos conhecimentos produzidos numa cultura são possivelmente o principal motivo que desencadeia a revisão dos currículos. No entanto, o autor faz uma ressalva em relação a este motivo:

Existe assim uma espécie de incompatibilidade estrutural entre o espírito de modernidade e a justificação da educação como tradição e transmissão cultural. [...] Temos de reconhecê-lo: a reflexão pedagógica contemporânea não poderia contornar a questão da modernidade nem se resignar em fazer apologia da amnésia, pois só uma visão extremamente superficial e prematura da modernização do mundo pode nos fazer aderir ao mito do efêmero e rejeitar, como um fardo, nosso pertencimento à memória. (FORQUIN, 1993, p. 20).

Assim, parece ser necessária a busca por um equilíbrio entre a modernização curricular e o desenvolvimento dos conhecimentos escolares tradicionalmente ensinados-aprendidos na escola.

Portanto, a seleção cultural é um processo contínuo, pois a renovação curricular é essencial para que se restabeleçam as conexões entre o que há na cultura e o que se ensina na escola. Chevallard (1991, p. 21) defende esta renovação no sentido de restabelecer a “compatibilidade do sistema com seu entorno”, na qual o *sistema* refere-se ao sistema de ensino (escolas) e o *entorno* à sociedade.

1.2 SABERES SOCIAIS EM RELAÇÃO AO QUAL O CONHECIMENTO ESCOLAR SE CONSTITUI: CONHECIMENTOS CIENTÍFICOS E CONHECIMENTOS COTIDIANOS

Em relação ao conhecimento científico, Lopes (1999, p. 106) argumenta que a ciência não é mais vista, mesmo pelo público leigo, em uma perspectiva de neutralidade, mas que ainda assim há um cientificismo que faz com que a ciência seja tratada com certo misticismo. Em contrapartida, a autora discute que a ciência muitas vezes convence por “atributos capazes de corresponder a uma representação social de ciência” (p. 107), ou seja, o “cientificamente comprovado” tem poder convencedor sobre a sociedade, mesmo sem apresentar uma lógica clara de raciocínios que expliquem o que significa esta comprovação.

Neste sentido, segundo a autora, o ensino de Ciências deve permitir que os estudantes possam distinguir quando a ciência “assume papel apenas mistificador, ou quando se tenta conferir a outros saberes a lógica científica, como forma de lhes conferir o poder da ciência” (p. 27)

Ainda em relação ao conhecimento científico, Lopes (1999), baseada em Bachelard⁶ (1985), argumenta que a perspectiva histórica continuísta da ciência interpreta “um fato passado como precursor do que hoje fazemos” e, neste sentido, discute que somente quando se sabe que determinada substância ou propriedade está sendo produzida é que pode ser considerada como “descoberta” e não quando elas surgem de forma não intencional. Um exemplo desta descontinuidade está nos conhecimentos em nanotecnologias. Há registros do uso de nanopartículas de ouro e prata na produção da Taça de Licurgo ocorrida no século IV a. c. em Roma (SENAI, 2012). Nesta época não se sabia que a dimensão dos componentes do vidro de tal Taça é que confere a ela a propriedade multicolorida com sensibilidade a luz. Segundo o mesmo documento, a taça sob luz natural é opaca e apresenta a cor verde, no entanto adquire um tom avermelhado e transparente com iluminação artificial em

⁶ BACHELARD, G. **El compromiso racionalista**. México: Siglo Veintiuno, 1985

ambiente interno. Somente em 1990 a composição do vidro deste objeto foi investigada e concluiu-se que tal propriedade era decorrente das nanopartículas incorporadas à Taça⁷. Há registros também de outros objetos que foram construídos com nanopartículas, mas que só agora se sabe disso, como o Aço de Damasco e os vitrais da Catedral de Chartres, na França (ADBI, 2010).

Então, segundo Lopes (1999, p. 122) baseada em Bachelard (1985) “só pode ser considerado como ‘descoberto’ no momento em que suas propriedades foram definidas como tal: não basta produzir a substância, mas saber que ela está sendo produzida”. Portanto, as nanotecnologias não surgiram no século IV a.c., com o emprego de nanopartículas naquela Taça, pois não se sabia que elas eram produzidas e que conferiam tais propriedades. Assim, há uma descontinuidade em relação aos conhecimentos em nanotecnologias e as demais áreas de conhecimento que auxiliam na construção destas tecnologias.

Já o conhecimento cotidiano refere-se tanto ao saber do senso comum *homogêneo*, *universal* e transversal às classes sociais, quanto àquele conhecimento *pragmático* da vida diária, aquilo que é utilizado cotidianamente (LOPES, 1999, p. 138-139). A autora argumenta que o senso comum é dinâmico, elaborado ao longo do tempo, e que há mais de um senso comum, pois são construídos a partir de relações sociais de grupo distintos.

“O saber cotidiano pode, inclusive, acolher certas aquisições científicas, mas não o conhecimento científico como tal” (LOPES, 1999, p. 143), como no exemplo do conceito de calor, que para Física é um fluxo de energia, mas que na vida cotidiana é antônimo de frio. Este último sentido é justificado pela *funcionalidade* que apresenta no uso cotidiano. Aliás, segundo a autora, a funcionalidade e o pragmatismo são características do saber cotidiano, cuja base consiste no realismo e no empirismo (p. 143). No entanto,

⁷ Informação disponível em: < <http://www.tecmundo.com.br/nanotecnologia/43871-taca-da-roma-antiga-feita-ha-1-600-anos-usa-principios-de-nanotecnologia.htm>>. Acesso em: 13/01/2015

ela discute que estas duas formas de conhecimento não possibilitam a compreensão da realidade *complexa e múltipla*.

A constituição do conhecimento escolar, ainda segundo a autora, se dá em relação aos conhecimentos científicos e aos conhecimentos cotidianos, mas, no entanto, há uma contradição nesta relação. Tal contradição reside no fato do conhecimento escolar:

Ter por objetivo a socialização do conhecimento científico, necessária à ampliação cultural das massas, bem como a constituição do conhecimento cotidiano que, em uma sociedade de classes, priva as classes sociais exploradas de seu próprio saber; trata-se de um senso comum mínimo, ideologicamente constituído. (LOPES, 1999, p. 154-155).

Assim, é uma contradição, segundo a autora, o conhecimento escolar ao mesmo tempo construir um conhecimento científico e um conhecimento cotidiano comum, pois há uma ruptura entre estes conhecimentos.

Tal ruptura ocorre porque os diferentes saberes sociais não advêm de uma mesma *matriz epistêmica*, assim, há uma *descontinuidade epistemológica*, ou seja, “a construção do conhecimento científico se dá contra, e não a partir do senso comum cotidiano” (LOPES, 1999, p. 27). Neste sentido, o conhecimento comum pode constituir-se como um obstáculo epistemológico à compreensão do conhecimento científico, pois enquanto o primeiro “lida com um mundo dado, constituído por fenômenos, o segundo trabalha em um mundo recomeçado, estruturado em uma fenomenotécnica” (LOPES, 1999, p. 123). Portanto, o conhecimento cotidiano é um dos obstáculos a serem suplantados na construção do conhecimento científico.

Porém não significa que haja uma hierarquia entre eles. Assim, a autora defende que os conhecimentos escolares não são uma *ponte* que unifica diferentes saberes, pois se assim fossem estariam mascarando a pluralidade e descontinuidade do conhecimento. Portanto, o conhecimento escolar deveria revelar estas descontinuidades, destacando os limites e espaços legítimos destes conhecimentos.

No entanto, “o conhecimento escolar ao mesmo tempo nega e afirma o conhecimento cotidiano, trabalha contra ele e é sua própria constituição”

(LOPES, 1999, p. 137). Assim, ora ele é incluído, ora é excluído do contexto escolar para a construção do conhecimento científico.

A autora defende, então, que “precisamos manter os saberes cotidianos nos limites possíveis de sua atuação” (p. 149) e que “não devemos extrapolar os limites de suas possibilidades explicativas” (p. 152). Assim a vida cotidiana tem como pressupostos a espontaneidade e o pragmatismo e não os conhecimentos científicos.

Além disso, é preciso ter cuidado, segundo a autora, ao ensinar apenas os conceitos científicos que podem ser aplicados ao cotidiano do estudante, pois se corre o risco de “impedirmos que ele participe da própria dinâmica cultural do conhecimento científico” (p. 230). Assim, a autora discute que:

Uma das possíveis formas, frequentemente apontada por diversos autores, como viável de permitir o questionamento do conhecimento cotidiano e a assimilação do conhecimento científico é a aproximação do aluno com as condições de produção das ciências e suas relações com a tecnologia. Tais relações precisam ser compreendidas nas suas dimensões éticas e política (LOPES, 1999, p. 230).

Assim, as condições de produção da ciência e tecnologia relacionadas podem permitir que os estudantes questionem o conhecimento cotidiano e construam o conhecimento científico, segundo a autora.

Ainda assim estes saberes sociais precisam ser transformados em conhecimentos escolares, pois estes por si só não são trabalhados nas escolas. Neste sentido, há processos que transformam tais saberes sociais e geram o conhecimento escolar.

1.3 PROCESSOS CONSTITUINTES CENTRAIS DO CONHECIMENTO ESCOLAR

Lopes (1999, p. 155) analisa “o processo de disciplinarização e o processo de transposição didática como constituintes centrais do conhecimento escolar”. Tais processos são necessários porque não basta apenas selecionar

os conhecimentos que serão ensinados/aprendidos na escola, mas também didatizá-los, conforme também apontado por Forquin (1993).

1.3.1 A disciplinarização

O processo de disciplinarização refere-se à constituição histórica das disciplinas escolares e é discutido por Lopes (1999, p. 176) como “o principal constituinte do conhecimento escolar em nossa época”.

O termo *disciplina escolar* denomina hoje “um conjunto de conteúdos de ensino”, mas, no entanto, anteriormente tal termo tinha outros sentidos, segundo Lopes (1999, p. 176). Até o fim do século XIX, o termo *disciplina* representava “vigilância dos estabelecimentos, a repressão das condutas prejudiciais à sua boa ordem”, conforme aponta Chervel (1990, p. 178). Segundo o autor, a disciplina também já foi sinônima de “*ginástica intelectual* indispensável ao homem cultivado” (p. 178), assim servindo de exercício intelectual, porém após a I Guerra Mundial é que a *disciplina* “torna-se uma pura e simples rubrica que classifica as matérias de ensino” (p. 180).

O papel da disciplina escolar, segundo o autor, é difundir os saberes de referência segundo a concepção intitulada *disciplina-vulgarização*. Nesta concepção as disciplinas escolares transmitem a ciência como ela é e qualquer *desvio* nesta transmissão é originado pela “necessidade de simplificar, na verdade de vulgarizar, para um público jovem” (CHERVEL 1990, p. 181). Nesta concepção, segundo o autor, a disciplina se reduz à metodologia e exclui-se a existência autônoma das disciplinas, ou seja, como se a disciplina apenas servisse como um meio para divulgação dos conhecimentos científicos e não tivesse um papel criativo.

Um exemplo de criação escolar é a *gramática escolar*, pois ela não é “*expressão da ciência ditas, ou presumidas ‘de referência’, mas que ela foi historicamente criada pela própria escola*”, conforme Chervel (1990, p. 181). Neste sentido, a disciplinarização acaba por introduzir conhecimentos escolares que não configuram os saberes de referência.

A disciplina escolar é composta, segundo o autor, por vários constituintes, a saber: “um ensino de exposição, os exercícios, as práticas de incitação e de motivação e um aparelho docimológico” (p. 207). O autor explica, em nota de rodapé, que *aparelho docimológico* refere-se à docimologia, ou seja, *estudo científico dos exames e dos concursos*, portanto, mencionando os exames de avaliação. Os demais elementos citados não são explorados pelo autor. Interpretou-se que estes constituintes da disciplina escolar são gerados pelo processo de disciplinarização. Portanto, em função de tais elementos é que são criadas as configurações dos conhecimentos escolares.

Lopes (1999) ao discutir o processo de disciplinarização aponta os *traços morfológicos e estilísticos característicos dos saberes escolares* discutidos por Forquin (1992):

Desta necessidade funcional da didatização decorre um certo número de traços morfológicos e estilísticos característicos dos saberes escolares, p. ex., a predominância de valores de apresentação e clarificação, a preocupação da progressividade, a importância atribuída à divisão formal (em capítulos, lições, partes e subpartes), a abundância de redundâncias no fluxo informacional, o recurso aos desenvolvimentos perifrásticos, aos comentários explicativos, às glosas e, simultaneamente, às técnicas de condensação (resumos, sínteses documentárias, técnica mnemônicas), a pesquisa da concretização (ilustração, esquematização, exemplificação), o lugar concedido às questões e aos exercícios tendo uma função de controlo [*sic*] ou de reforço, todo este conjunto de dispositivos e de marcas pelo qual se reconhece um “produto escolar” [...] (FORQUIN, 1992, p. 34).

Portanto, os conhecimentos escolares carregam certas marcas, traços que nos permitem identificá-los fora no contexto escolar.

1.3.2 A transposição didática

O conceito de transposição didática foi elaborado inicialmente pelo sociólogo francês Michel Verret, em 1975, para designar o processo de transformação dos elementos da cultura em *conhecimentos escolares efetivamente assimiláveis* (FORQUIN, 1993, p. 16). Tal conceito foi desenvolvido posteriormente pelo matemático francês e pesquisador em Didática, Yves Chevallard (1991).

No entanto, este não é o único conceito utilizado para designar tal transformação. Lopes (1999) sugere o uso do conceito de *mediação didática* por entender que o termo *transposição* não representa este processo de transformação, mas pode “ser associado à ideia de reprodução, movimento de transportar de um lugar a outro, sem alterações” (p. 208) .

Concorda-se com a autora que o termo *transposição* realmente não transmite a ideia da transformação dos conhecimentos científicos em conhecimentos escolares. Por outro lado, o termo *mediação didática* pode também representar outros conceitos, referindo-se, por exemplo, ao processo de “mediação didática entre aluno e conhecimento” (D’ÁVILA, 2005, p. 223) realizado pelo professor. Assim, optou-se pelo conceito *transposição didática* reconhecendo, entretanto, que os conhecimentos científicos não são simplesmente “transPOSTOS” para a escola, conforme aquele sentido criticado por Lopes (1993).

O próprio Chevallard reconheceu que há uma *distância* entre os saberes de referência e os escolares e que, portanto, são diferentes, há alterações:

O conceito de transposição didática remete à passagem do saber sábio ao saber ensinado e portanto à distância eventual, obrigatória que os separa [...] (CHEVALLARD, 1991, p. 16, tradução nossa).

A transposição didática, segundo Chevallard (1991) refere-se à transformação do *saber sábio ou saber de referência* – os conhecimentos científicos – ao *saber ensinado* – os conhecimentos escolares trabalhados em sala de aula. No entanto, entre estes dois saberes há um terceiro: o *saber a ensinar*. Este saber está presente em documentos oficiais e em livros didáticos, conforme discute Chevallard (1991).

Chevallard (1991) considerou que os *saberes de referência* para constituição do conhecimento escolar eram apenas os conhecimentos científicos. No entanto outros autores, discutidos a seguir, sugerem outras fontes para os saberes de referência.

Martinand (1986⁸; 2001⁹ *apud* CARVALHO, 2009) apontou a relevância das *práticas sociais* (atividades de investigação, de produção, de engenharia, domésticas e culturais) na transposição didática. As *práticas sociais de referência* também originam os *saberes a ensinar*, conforme discute Develay (1992 *apud* CARVALHO, 2009), ao afirmar que na Biologia as *práticas sociais de referência* serão as do botânico, do zoólogo, entre outros. A interferência destas práticas pode ser constatada, segundo o autor, por exemplo, no caso em que o Ministério da Educação francês, em 1990, diante do aumento do alcoolismo na sociedade determinou que as escolas trabalhassem a prevenção ao consumo de álcool.

Além disso, os valores associados aos conhecimentos escolares também são fatores influentes na transposição didática, conforme apontado por Clément (2004; 2006 *apud* CARVALHO, 2009). A Educação Sexual é um exemplo de tema controverso e obrigatório do sistema de ensino de Portugal, segundo Carvalho (2009). A autora apontou que neste tema implicam não somente os saberes científicos e as práticas sociais, mas também os valores. Neste sentido, os pesquisadores questionam-se, por exemplo, se apenas as questões anatofisiológicas devem constituir a Educação Sexual ou se as relações interpessoais e os afetos devem ser também trabalhados.

Neste sentido, Lopes (1999, p. 232) também ressalta que os conhecimentos científicos não são a única fonte para a constituição do conhecimento escolar, pois se assim fosse ele não contribuiria com a formação de valores e saberes junto aos estudantes.

O processo de transposição didática é constituído por duas etapas: a transposição didática interna e a transposição didática externa. Na primeira etapa a *noosfera* tem papel determinante na elaboração do conhecimento escolar. A *noosfera*, conforme Chevallard (1991), é o conjunto de agentes que interferem em maior ou menor grau na constituição do *saber a ensinar*.

⁸ MARTINAND, J.L. *Connaître et transformer la matière*. Berne, Peter Lang, 1986.

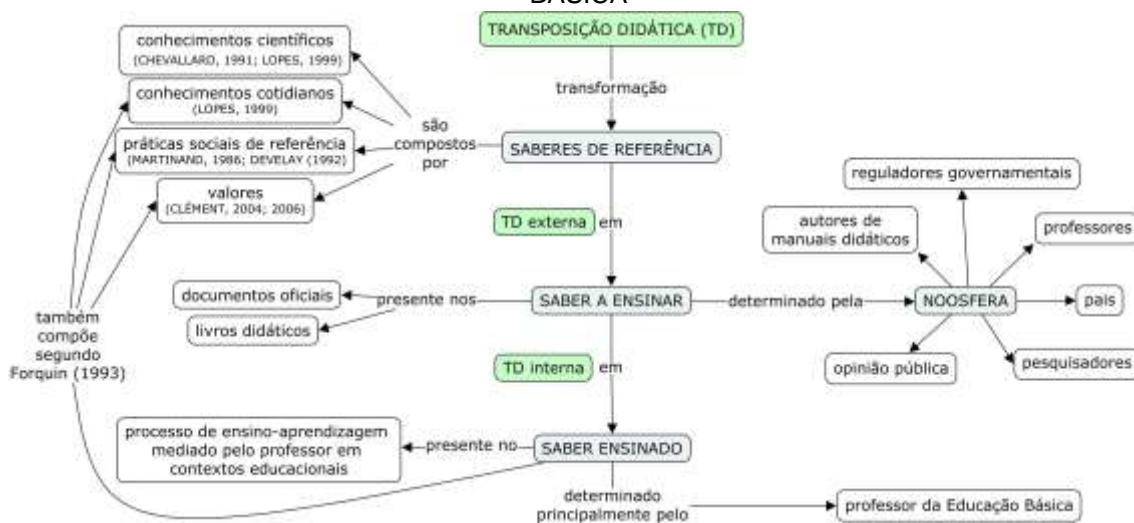
⁹ MARTINAND, J.L. *Pratiques de référence et problématique de la référence curriculaire*. In: A.TERRISSE (éd.): *Didactique des disciplines, les références au savoir*. Bruxelles, de Boeck Université, 2001, p. 17-24.

A noosfera é o centro operacional do processo de transposição, que traduzirá em atos a resposta ao desequilíbrio criado e comprovado (expresso por matemáticos, os pais, os professores). [...] Se em algum momento [o professor] deve modificar seu ensino, isso de determinará pela mediação da noosfera – ainda que, administrativamente, receberá essa ordem da instância política – e não sob pressão direta das exigências dos pais ou dos matemáticos (CHEVALLARD, 1991, p. 34, tradução nossa).

Assim, o autor aponta que a instância governamental tem peso preponderante sobre os demais agentes da noosfera, pois esta emite “ordem” para que haja mudança no ensino. Portanto, os documentos oficiais, elaborados pelo Estado, têm grande peso na constituição dos conhecimentos escolares presentes no *currículo formal*¹⁰.

Assim, a FIGURA 1 busca sistematizar as duas etapas da transposição didática, os saberes envolvidos e os agentes da noosfera relacionados ao processo da transposição didática.

FIGURA 1 - ESQUEMA DO PROCESSO DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA NA EDUCAÇÃO BÁSICA



FONTE: A autora (2016).

Na FIGURA 1 representou-se também a retroalimentação do processo de transposição didática, no qual os elementos da cultura compõem os conhecimentos escolares, mas estes por sua vez também elaboram a cultura, conforme discutido por Forquin (1993). Interpretou-se que o *saber ensinado*

¹⁰ Perrenoud (1984 apud FORQUIN, 1992) distingue o *currículo real* do *currículo formal*, sendo que esse representa “os conteúdos prescritos pelas autoridades”, enquanto que aquele aponta que cada professor em suas salas de aula enfatiza determinados elementos em detrimento de outros, interpretando o *currículo formal* e construindo um *currículo real*.

também auxilia na constituição dos conhecimentos cotidianos, dos valores e das práticas sociais de referência.

Em relação ao papel do professor na transposição didática, Chevallard (1991) aponta que “simples professores militantes” também fazem parte da noosfera:

Na noosfera, pois, os representantes do sistema de ensino, com ou sem mandato (desde o presidente de uma associação de ensino até o simples professor militante), se encontram, direta ou indiretamente, [...] com os representantes da sociedade (pais de alunos, especialistas da disciplina que militam em torno de seu ensino, os emissários de órgão político. (CHEVALLARD, 1991, p. 28-29, tradução nossa).

No entanto, o autor não vê o professor como autônomo e independente da *noosfera* no processo da transposição didática externa, pois se for necessária a modificação no ensino isso ocorrerá pela mediação de outros agentes da noosfera.

Se em algum momento [o professor] deve modificar seu ensino, isso se determinará pela mediação da noosfera - ainda que, administrativamente, receba essa ordem da instância política e não sobre pressão direta das exigências dos pais ou dos matemáticos. (CHEVALLARD, 1991, p. 34, tradução nossa).

Assim, segundo o autor, os professores – supostamente, da Educação Básica – têm papel determinante apenas na segunda etapa deste processo: a transposição didática interna, na qual determinam o *saber ensinado* a partir do *saber a ensinar*.

Preparar uma lição sobre o logaritmo se volta, então a *fazer* a transposição didática da noção de logaritmo. Contudo, preparar uma lição é sem dúvida trabalhar com a transposição didática (ou melhor, na transposição didática); jamais é fazer a transposição didática. Quando o professor intervém para inscrever essa variante local no texto de saber que ele chama de *seu curso*, ou para *preparar seu curso* (quer dizer, para realizar o texto do saber no desfileiro de sua própria palavra), já faz tempo que a transposição didática começou [...] Sob a aparência de uma eleição teórica. O professor não elege, porque não tem poder de eleição. Retém do processo o único momento em que ele está envolvido: a redação do texto do saber - no qual, previamente, a etapa de redação (realizada sob a forma de manual ou de notas do professor) não é mais que um “metatexto”, que não está escrito definitivamente em nenhuma parte, que é a matriz de variantes que lhe darão forma concreta. Mediante esta cômoda ignorância, o professor aniquila as fases do processo que não sabe governar (e que, de fato, governam sua eleição) (CHEVALLARD, 1991, p. 20-21, grifo e tradução nossa).

Então, segundo o autor, ao preparar uma atividade didática o professor não *faz* a transposição didática, pois tal transposição já foi iniciada anteriormente também por outros agentes da *noosfera*. Para ele, o professor está limitado a trabalhar neste processo apenas naquilo que já foi eleito pela *noosfera* como um *saber a ensinar*. Chevallard (1990) afirma ainda no trecho anterior que os professores “não sabem governar”, ou seja, desconhecem o modo pelo qual devem proceder para que ocorra a transposição didática, não sabem “fazê-la”.

Mas como ocorre então a transposição didática? Algumas *regras* foram elaboradas por Astolfi, baseado em Chevallard e Johsua, e descritas no livro *Mots-clés de la didactique des sciences*, de 1997:

Regra I- Modernizar o saber escolar:

Significa incorporar *novos saberes* a fim de “aproximá-los dos conhecimentos acadêmicos” segundo Astolfi (1997 *apud* ALVES-FILHO, 2000, p. 235). Estes *novos saberes* são aqueles “produzidos pelos cientistas e intelectuais, alguns já adotados pela tecnologia e em uso pela indústria” segundo Alves-Filhos (2000, p. 235). Ainda segundo o autor, tal modernização ocorre, principalmente, por “interesses comerciais” e também devido a “formação básica dos futuros profissionais nos cursos de graduação”.

Regra II- Atualizar o saber escolar:

A atualização do saber escolar, “a contrapartida da modernização, acrescentando novos saberes, implica na eliminação de saberes que se banalizaram ou que se tornaram um tipo de conhecimento “familiar” (CHEVALLARD; JOHSUA, 1982 *apud* ALVES-FILHO, 2000, p. 236)”. Alves-Filhos (2000) cita exemplos de tecnologias, como o “sarilho” que não são mais estudados em função de sua obsolescência. Assim, não basta apenas acrescentar saberes, mas excluir aqueles que não são mais adequados aos programas escolares no presente contexto.

Regra III- Articular o saber “novo” com o “antigo”:

Astolfi (1997 *apud* ALVES-FILHO, 2000, p. 237) afirma que entre aqueles saberes passíveis de contribuírem com a modernização e a

atualização “alguns são escolhidos porque permitem uma articulação mais satisfatória entre o ‘novo’ que se tenta introduzir e o ‘velho’”. Desta forma, tal articulação constitui-se como um critério de seleção cultural dos conhecimentos escolares: os escolhidos, entre os saberes suscetíveis de modernização e atualização, são aqueles que permitem uma adequada articulação entre novos e tradicionais.

Regra IV- Transformar um saber em exercícios e problemas:

A incorporação de um conhecimento novo ao programa escolar deve vir acompanhada de exercícios, problemas ou atividades didáticas.

Na perspectiva renovadora, a admissão de um conceito novo é reforçada pela capacidade do elemento importado se integrar na economia didática do saber: deve indicar algo para ‘aprender’ e de exercícios para ‘fazer’. Quando uma noção responde a estas exigências, ela constitui ‘uma parte escolhida’, e a veremos nos livros textos, que correspondem aos novos programas, dedicarem frequentemente um capítulo separado” (ASTOLFI, 1997 *apud* ALVES-FILHO, 2000, p. 237).

Assim, Alves-Filho (2000, p. 238) afirma que aqueles saberes que são limitados à “argumentação teórica” são menos “valorizados” na escola do que aqueles que geram atividades didáticas. Um possível motivo desta valorização é a relação com a avaliação, pois o autor defende que “certamente esta é a regra que reflete o maior grau de importância no processo transformador do saber, ao criar uma ligação muito estreita com o processo de avaliação”.

Regra V- Tornar um conhecimento mais compreensível:

A função da transposição didática, segundo Alves Filho (2000, p. 238), é *diminuir as dificuldades de aprendizagem de conceitos*, assim, são introduzidos novos objetos didáticos e utilizada uma linguagem supostamente compreensível para o estudante.

Assim, as regras da transposição didática auxiliam na compreensão do processo de seleção cultural e das transformações necessárias à constituição do conhecimento escolar, indicando processos pelos quais este conhecimento transitou.

Nesse sentido, a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na Educação Básica seria um processo de modernizar o saber escolar e deveria

ser acompanhada de uma atualização do mesmo. Embora o processo de transposição didática destes conhecimentos não deixe de lado as demais regras para que tal inserção seja viável e plausível.

1.4 AS INSTÂNCIAS DETERMINANTES DO PROCESSO DE SELEÇÃO CULTURAL ESTRUTURANTES DO CONHECIMENTO ESCOLAR: LIVROS DIDÁTICOS E SABERES DOCENTES

Os livros didáticos são veículos legítimos dos *saberes a ensinar*, ou seja, um meio pelo qual os resultados de uma transposição didática externa podem ser veiculados.

Em relação ao caráter seletivo desempenhado pelos livros didáticos, a presença de determinados conhecimentos nestes materiais não garante a sua abordagem em sala de aula, visto que os saberes neles presentes são *saberes a ensinar*. Além disso, a estrutura do conhecimento escolar proposta nos livros didáticos é uma das formas possíveis encontrada pelas coleções para elaborar tal conhecimento.

Segundo Krasilchik (2004, p. 67) “o livro didático tradicionalmente tem tido, no ensino de biologia, um papel de importância, tanto na determinação dos conteúdos dos cursos como na determinação da metodologia usada em sala de aula”. No entanto pesquisas apontam que os professores não seguem rigorosamente os *saberes a ensinar* materializados nos livros didáticos (MEGID-NETO; FRACALANZA, 2003)

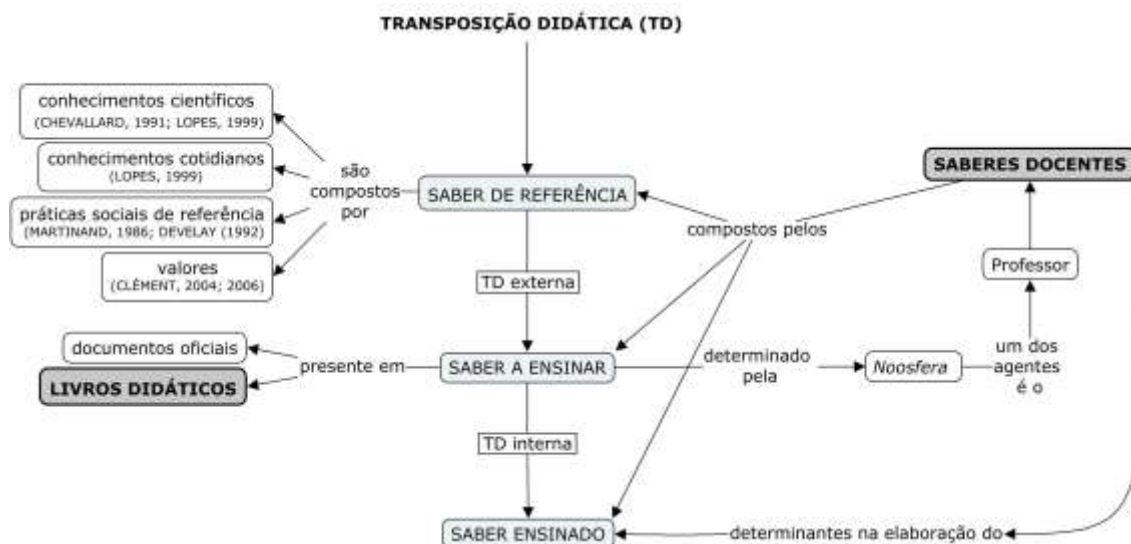
Megid-Neto e Fracalanza (2003) relatam os resultados de uma pesquisa realizada junto a 120 professores de Ciências em relação aos usos que eles fazem dos livros didáticos, organizando tais usos em três grupos: i) o uso de várias coleções para planejamento das aulas; ii) o uso como apoio em sala de aula; iii) uso como fonte bibliográfica, tanto para complementar os estudos pelos professores, quanto pelos alunos, principalmente nas atividades de *pesquisa bibliográficas escolares*. O uso do livro didático também é um

material constante de formação contínua dos professores, auxiliando também na construção dos saberes docentes.

Os autores também argumentam que o livro didático “Não é utilizado pelos professores e alunos na forma intentada pelos autores e editoras, como guia ou manual relativamente rígido e padronizado de atividades de ensino-aprendizagem” (MEGID-NETO; FRACALANZA, 2003, p. 154). Neste sentido, o caráter estruturante do conhecimento escolar desempenhado pelos livros didáticos (ao propor sequências, atividades, exercícios, textos etc.) não é determinante na prática docente, pois os professores podem utilizá-lo de maneiras diferentes ao realizarem a transposição didática interna.

Em relação aos saberes docentes, não foram identificados em Lopes (1999) quais seriam estes saberes. Então, buscou-se articular estes aos saberes da transposição didática. A articulação entre os saberes da transposição didática e os saberes dos professores e livros didáticos foi esquematizada na FIGURA 2.

FIGURA 2- ESQUEMA QUE RELACIONA OS SABERES DA TRANSPOSIÇÃO DIDÁTICA, SEGUNDO CHEVALLARD (1991) E AS INSTÂNCIAS ESTRUTURANTES DA CONSTITUIÇÃO DO CONHECIMENTO ESCOLAR, SEGUNDO LOPES (1999)



FONTE: A autora (2016).

Apesar de Chevallard (1991) discutir que os *saberes de referência* são os conhecimentos científicos cujos detentores são os cientistas, admite-se que

os professores também possuem estes conhecimentos, geralmente adquiridos durante a formação inicial. No entanto, os conhecimentos científicos apropriados pelos professores durante a formação inicial também passaram anteriormente por um processo de transposição didática associado ao Ensino Superior.

Devido à ampliação da composição dos *saberes de referência*, elaborada por outros autores mencionados na FIGURA 2, pode-se argumentar que os saberes docentes são compostos também por conhecimentos cotidianos, práticas sociais de referência e valores, componentes dos *saberes de referência*. Além disso, os saberes docentes também são constituídos pelo *saber a ensinar*, pois conhecem os documentos oficiais e livros didáticos. O *saber ensinado* em sala de aula é então, dentre os saberes da transposição didática, o mais característico dos saberes didáticos. Portanto, argumenta-se que os saberes docentes são compostos pelos 3 saberes da transposição didática: *saber de referência*, *saber a ensinar* e *saber ensinado*.

Em síntese, conforme o referencial teórico adotado, a presença de determinados conhecimentos em livros didáticos e saberes docentes pode indicar que estes vêm sendo selecionados pelo processo de seleção cultural escolar, junto à *noosfera* e aos professores da Educação Básica, como um conhecimento escolar.

CAPÍTULO II. O CONHECIMENTO EM NANOTECNOLOGIAS E A DISCIPLINA DE BIOLOGIA

Neste capítulo discute-se o ensino das nanotecnologias na disciplina de Biologia e para fundamentar esta discussão buscou-se compreender as finalidades do ensino de Biologia segundo documentos oficiais e conforme a perspectiva da ACT, como o enfoque CTS pode contribuir para uma perspectiva problematizada das nanotecnologias no ensino e por fim a não neutralidade das nanotecnologias e o contexto brasileiro a elas relacionado. Tais elementos podem contribuir para investigação da possibilidade, necessidade e encaminhamentos relativos à inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio.

2.1 FINALIDADES DO ENSINO DE BIOLOGIA: A ALFABETIZAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA

Nos *Parâmetros Curriculares Nacionais + Ensino Médio* (PCN+EM) (BRASIL, 2002) as finalidades do ensino de Biologia apontam mais de uma vez a ideia de que os conhecimentos biológicos são fundamentais à compreensão dos debates contemporâneos e do mundo, possibilitando a participação dos indivíduos nestes debates, conforme trecho a seguir:

Dominar conhecimentos biológicos para compreender os debates contemporâneos e deles participar [...] favorecer o desenvolvimento de modos de pensar e agir que permitem aos indivíduos se situar no mundo e dele participar de modo consciente e consequente. (BRASIL, 2002, p. 33-34).

Tais finalidades também constam em outros documentos oficiais, tais como nos PCN (BRASIL, 2000), segundo os PCN+EM, e também nas *Orientações Curriculares para o Ensino Médio* (OCEM) (BRASIL, 2006a).

As OCEM apontam que é um *desafio* ao ensino de Biologia “possibilitar ao aluno a participação nos debates contemporâneos que exigem conhecimento biológico”, bem como a “formação do indivíduo com um sólido conhecimento de Biologia e com raciocínio crítico” (BRASIL, 2006a, p. 17).

Este documento também aponta *contradições* nesta disciplina, pois apesar da Biologia fazer parte do cotidiano do estudante, o seu ensino está distante da realidade dele, o que impede a construção do vínculo entre os conhecimentos biológicos escolares e o cotidiano dos alunos. Assim, outra finalidade do ensino de Biologia é possibilitar a construção de tal vínculo. As OCEM sugerem ainda que “para enfrentar estes desafios e contradições, o ensino de Biologia deveria se pautar pela alfabetização científica” (BRASIL, 2006b, p. 18). Embora mencione a alfabetização científica, não se detectou no documento os referenciais teóricos para esse conceito.

Apesar de reconhecer que existem diferentes expressões que representam o ensino “preocupado com a formação cidadã dos alunos para a ação e atuação em sociedade” (SASSERON; CARVALHO, 2011, p. 59-60), tais como letramento científico e enculturação científica, adotou-se o termo *alfabetização*, que é utilizado por pesquisas que se dedicaram a estudar tal processo (LORENZETTI, 2000; AULER; DELIZOICOV, 2001; SASSERON; CARVALHO, 2011).

Em relação aos objetivos da alfabetização científica e tecnologia (ACT), Fourez (1994) aponta que:

[...] a A.C.T. persegue geralmente três finalidades: a autonomia do indivíduo (componente pessoal), a comunicação com as demais (componente cultural, social, ético e teórico) e um certo manejo do entorno (componente econômico) (FOUREZ, 1994, p. 61, tradução nossa).

Apesar de tais objetivos estarem centrados basicamente no desenvolvimento da compreensão e exploração do próprio mundo dos estudantes, Fourez (1994, p. 63) questiona se os cursos de ciências não deveriam estar mais voltados para esta perspectiva do que para “fazê-los entrar no mundo dos cientistas” como vem sendo conduzidos. O autor discute que estas perspectivas não são contraditórias e exemplifica: “ensinar o < sistema circulatório do sangue > não é necessariamente o mesmo que ensinar a maneira em que se pode atuar em caso de hemorragia ou ataque cardíaco” (p. 63, tradução nossa). Assim, o ensino da disciplina por si só – por exemplo, o ensino do sistema circulatório – estaria voltado à formação de especialistas

em Biologia, entretanto ensinar como tal conhecimento está relacionado com situações que envolvem o mundo do estudante – como em episódios de hemorragia – poderia superar o ensino da disciplina por si só e contribuir com a formação cidadã.

Neste sentido, o objetivo do ensino de Ciências tornou-se a formação de cidadãos, e não mais a formação de cientistas, devido à expansão do ensino público e também à incorporação das implicações da ciência ao ensino motivada pelas crises ambientais (KRASILCHIK, 2000).

A caracterização de um indivíduo alfabetizado científica e tecnologicamente não é algo simples e vem sendo discutido por vários autores. Fourez (1994) discute 14 critérios que descrevem as capacidades que uma pessoa deve possuir para ser considerada alfabetizada científica e tecnologicamente. Tais critérios foram elaborados pela Associação Nacional de Professores de Ciências dos Estados Unidos (NSTA) na década de 1980.

Uma pessoa alfabetizada científica e tecnologicamente é capaz de, segundo Fourez (1994, p. 25 a 36, tradução nossa): i) “Utilizar conceitos científicos e integrar valores e saberes para tomar decisões responsáveis na vida cotidiana”; ii) “Compreender que a sociedade exerce um controle sobre as ciências e as tecnologias, da mesma maneira que as ciências e as tecnologias marcam a sociedade”; iii) “Compreender que a sociedade exerce um controle sobre as ciências e as tecnologias por meio das subvenções que ela concede”; iv) “Reconhecer tanto os limites como a utilidade das ciências e das tecnologias no progresso do bem estar humano”; v) “Conhecer os principais conceitos, hipóteses e teorias científicas e ser capaz de aplicá-los”; vi) “Apreciar as ciências e as tecnologias pela estimulação intelectual que suscitam.”; vii) “Compreender que a produção de saberes científicos depende de processos de investigação e de conceitos teóricos”; viii) “Saber reconhecer a diferença entre resultados científicos e opiniões pessoais”; ix) “Reconhecer a origem da ciência e compreender que o saber científico é provisório e sujeito a mudanças segundo o grau de acumulação dos resultados”; x) “compreender as aplicações das tecnologias e as decisões implícitas em sua utilização”; xi) “Possuir saber e

experiência suficientes para apreciar o valor da investigação e do desenvolvimento tecnológico”; xii) “Extrair de sua formação científica uma visão do mundo mais rico e interessante”; xiii) “Conhecer as fontes válidas de informação científica e tecnológica e recorrer a elas quando for tomar decisões” e; xiv) “Ter uma certa compreensão da maneira em que as ciências e as tecnologias foram produzidas na história”.

Lorenzetti (2000, p. 56-57) aponta que estes 14 critérios abrangem as características de um indivíduo alfabetizado cientificamente indicadas por outros autores estudados em sua dissertação, portanto, os parâmetros discutidos por Fourez (1994) são bastante amplos.

Assim sendo, muitos aspectos são considerados para afirmar que um indivíduo é alfabetizado científica e tecnologicamente. Uma pesquisa que objetivou dimensionar a condição da ACT no Brasil concluiu que dentre os 4 níveis¹¹ de ACT elaborados pela pesquisa, o nível superior “Letramento Científico Proficiente” foi atingido por apenas 5% dentre 2002 participantes, sendo que neste nível o indivíduo:

Avalia propostas e afirmações que exigem o domínio de conceitos e termos científicos em situações envolvendo contextos diversos (cotidianos ou científicos). Elabora argumentos sobre a confiabilidade ou veracidade de hipóteses formuladas. Demonstra domínio do uso de unidades de medida e conhece questões relacionadas ao meio ambiente, à saúde, astronomia ou genética. (INSTITUTO ABRAMUNDO, 2014, p. 8).

Assim, conforme os resultados da citada pesquisa, poucos são aqueles que atingem um nível proficiente de ACT e talvez mesmo assim, não preencham os 14 critérios discutidos por Fourez (1994). Isso indica a complexidade do processo de ACT.

O desenvolvimento da ACT junto aos estudantes pode ser entendida em duas perspectivas segundo Auler (2002), baseado em Fourez (1999): a ACT *reducionista* e a ACT *ampliada*. A primeira perspectiva, conforme o autor,

¹¹ Os níveis de ACT elaborados pela referida pesquisa foram: nível 1 “Letramento não-científico”; nível 2 “Letramento científico rudimentar”; nível 3 “Letramento científico básico”; nível 3 “Letramento proficiente”. (ABRAMUNDO, 2014)

“fundamenta-se numa postura pouco crítica em relação às implicações da CT na sociedade” (p. 19), ou seja,

[...] restringe-se a ACT ao ensino de conceitos, ignorando a existência de mitos como a neutralidade da CT, determinismo tecnológico, entre outros, aspecto que contribui para uma “leitura da realidade” que poder-se-ia argumentar como sendo bastante ingênua e distorcida (AULER, 2002, p. 18).

Segundo o autor, o desenvolvimento da ACT reducionista não procuraria desconstruir os mitos em torno das relações entre ciência e tecnologia (CT). Resumidamente estes mitos distorcem as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, de forma que as duas primeiras acabam sendo reconhecidas apenas como produtoras de benefícios à sociedade.

Já na perspectiva da ACT *ampliada*,

Concebe-se (ACT) como a busca da compreensão das interações entre Ciência-Tecnologia-Sociedade, ou seja, o ensino de conceitos associado ao desvelamento de mitos vinculados a CT, bem como a discussão sobre a dinâmica de produção e apropriação do conhecimento científico-tecnológico (AULER, 2002, p. 20).

Portanto, na perspectiva da ACT *reducionista*, o ensino parece não contribuir com o desenvolvimento do raciocínio crítico em relação à CT e nem com a compreensão dos debates contemporâneos e do mundo para possibilitar a participação dos indivíduos de forma consciente e consequente, pois na ACT reducionista a visão de CT trabalhada é ingênua e distorcida, não favorecendo o posicionamento crítico do estudante. Neste sentido, o ideal é que a ACT *ampliada* seja o objetivo do ensino de Biologia para que os estudantes possam empregar também conhecimentos biológicos escolares para compreender melhor as relações entre Biologia, Tecnologia e Sociedade, bem como entender a produção e apropriação dos conhecimentos científicos e tecnológicos.

Em síntese, tanto os documentos oficiais quanto os referenciais teóricos da ACT apontaram para uma finalidade primordial para o ensino de Biologia: a utilização de conhecimentos biológicos escolares para que os estudantes possam entender o mundo pela perspectiva científica e para que

tenham argumentos científicos para compreender e questionar temas que estão no seu cotidiano e que os afetam direta ou indiretamente. As nanotecnologias como um destes temas merecem espaço na disciplina de Biologia por contribuírem com o alcance das finalidades aqui discutidas de forma que o enfoque CTS se constitui numa das perspectivas que permitem a construção de uma abordagem problematizada das nanotecnologias, o que poderá auxiliar no desenvolvimento de uma ACT ampliada junto aos estudantes.

2.2 O ENFOQUE CIÊNCIA, TECNOLOGIA E SOCIEDADE COMO UMA PERSPECTIVA PARA UMA ABORDAGEM PROBLEMATIZADA DAS NANOTECNOLOGIAS

Assume-se o enfoque CTS como uma perspectiva para uma abordagem problematizada dos conhecimentos em nanotecnologias no ensino de Biologia. Esta abordagem aproxima-se do enfoque CTS, mas não contém todas as características de tal enfoque. A distinção dos termos *educação, enfoque e abordagem* CTS proposta por Strieder (2012)¹² foi adotada nessa dissertação.

O movimento CTS emergiu “nas décadas de 60 e 70 do século passado, em países da América do Norte, Europa e América Latina [...] devido à insatisfação com questões relacionadas ao desenvolvimento científico e tecnológico.” (STRIEDER, 2012, p. 262). O movimento CTS, portanto, não foi gerado na área educacional, mas foi incorporado posteriormente pela Educação Científica a fim de problematizar as relações entre estes três segmentos e conferir um enfoque mais crítico à Educação em Ciências.

¹² Strieder (2012, p. 11) discute que o termo *Enfoque CTS* refere-se às “repercussões do Movimento CTS no contexto educacional [...] O termo ‘Movimento CTS’, por sua vez, é utilizado quando nos referimos às discussões CTS num contexto mais amplo, enquanto situação de intervenção social. [...] Por fim, o termo ‘Abordagem CTS’ é utilizado quando nos referimos ao presente trabalho. Ao utilizá-lo buscamos enfatizar que há diversas maneiras de abordar as relações CTS no contexto da Educação Científica”.

Strieder (2012) coloca que embora os objetivos educacionais propostos para o enfoque variem conforme as distintas abordagens CTS, estes podem ser sistematizados em três grupos:

- (i) Uma educação científica que contribua para o desenvolvimento de percepções entre o conhecimento científico escolar e o contexto do aluno. [...]
- (ii) Uma educação científica que contribua para o desenvolvimento de questionamentos sobre situações que envolvem aspectos de ciência, tecnologia e/ou sociedade. [...]
- (iii) Uma educação científica que contribua para o desenvolvimento de compromisso social diante de problemas ainda não estabelecidos e que envolvem aspectos de ciência, tecnologia e sociedade. (STRIEDER, 2012, p. 166-167, grifos nossos).

Assim, desenvolver a percepção de que a ciência e a tecnologia (CT) fazem parte do cotidiano, bem como o questionamento e o compromisso social em relação às questões científicas e tecnológicas são objetivos das abordagens CTS, segundo a autora.

Para atingir tais objetivos é fundamental problematizar a CT a fim de construir junto aos estudantes uma visão mais crítica destes segmentos.

Auler (2002) considera que perspectivas que estejam “fora do alcance de uma reflexão crítica” poderiam ser consideradas *mitos*. O autor aponta que há um *mito original* – a neutralidade da CT – e três mitos derivados do original: i) Decisões Tecnocráticas; ii) Salvacionismo da CT; iii) Determinismo Tecnológico, sobre os quais discorre-se a seguir.

i. Decisões Tecnocráticas:

Este modelo está sustentado na ideia do cientificismo que, para Chassot¹³ (1994 *apud* AULER, 2002), representa a superioridade da ciência, tanto teórica (o conhecimento científico é superior aos demais) quanto prática (a ciência solucionaria todos os problemas, dos técnicos aos éticos). Neste sentido, quem deve tomar as decisões são os especialistas, detentores de conhecimentos científicos.

¹³ CHASSOT, A. A Ciência Através dos Tempos. 8 impressão. São Paulo: Moderna (coleção Polêmica), 1994.

Esse cientificismo é lastreado na crença da possibilidade de neutralizar/eliminar o sujeito do processo científico-tecnológico. O expert (especialista/técnico) poderia solucionar os problemas sociais de um modo eficiente e ideologicamente neutro. Para cada problema existe uma solução ótima (Luján *et al.*, 1996). Portanto, deve-se eliminar os conflitos ideológicos ou de interesse. A CT assume contornos de neutralidade. (AULER, 2002, p.12).

Portanto, neste modelo de decisões tecnocráticas não há espaço para que os cidadãos possam contribuir com os rumos do desenvolvimento científico e tecnológico, excluindo qualquer processo democrático. A participação dos cidadãos, no modelo tecnocrático, somente levaria a embutir elementos de incerteza quanto ao desenvolvimento tecnocientífico (AULER, 2002). Cabe destacar que as críticas não são necessariamente aos *tecnocratas*, mas ao sistema que confere poder a estes, conforme discute Thuillier¹⁴ (1989, p. 22 *apud* AULER, 2002).

Um exemplo do modelo de decisão tecnocrático envolvido com as nanotecnologias pode ser reconhecido no artigo intitulado “Regulamentação da nanotecnologia divide especialistas”¹⁵, no qual se afirma que:

Produtos de nanotecnologia já correspondem a US\$ 0,20 de cada dólar gasto pelos consumidores nos Estados Unidos. "O sucesso da nanotecnologia dependerá muito da forma como a FDA desempenhará seu papel regulador", disse Michael Taylor, da Escola de Saúde Pública da Universidade de Maryland. A questão fundamental é usar a ciência para pesar tanto os benefícios quanto os riscos, disse Matthew Jaffe, do Conselho Americano de Negócios Internacionais. (grifo nosso).

Neste trecho pode-se identificar a crença no cientificismo, ou, na superioridade dos conhecimentos científicos em detrimento de outros que também podem auxiliar do processo de regulação das nanotecnologias, tal como os conhecimentos jurídicos, conforme discutido por Engelmann (2009; 2011).

No entendimento do cientificismo, é a ciência que deve determinar a toxicidade dos nanomateriais e permitir ou não sua comercialização. No entanto, conforme discutido no *XI Simpósio Internacional Nanotecnologias, Sociedade e Meio Ambiente*, ocorrido em 2014 na Universidade do Vale do Rio

¹⁴ THUILLIER, P. O Contexto Cultural da Ciência. *Ciência Hoje*. Rio de Janeiro: v.9, n.50, p.18-23, jan./fev. 1989.

¹⁵ Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/geral,regulamentacao-da-nanotecnologia-divide-especialistas,20061010p64937>>. Acesso em: 15/4/2015.

dos Sinos (UNISINOS)-RS, a ciência não foi capaz de decidir se o uso do amianto era seguro e quem revelou a insegurança do seu uso foram os casos de trabalhadores que tiveram sua saúde prejudicada em decorrência da exposição ao amianto.

De material mágico o amianto mudou de “status” para “mineral maldito” ou “fibra assassina” tão logo tiveram início os primeiros diagnósticos das doenças causadoras da morte entre os trabalhadores expostos a esta matéria-prima tóxica (exposição direta ou ocupacional), cujos efeitos nocivos podem ocorrer mesmo depois de períodos longos, podendo chegar até 40 anos da primeira exposição (período de latência)(GIANNASI, 2004, s. p.).

O caso do amianto indica que nem sempre a ciência pode nos oferecer respostas para todas as questões sociais. Portanto, superar o modelo de decisões tecnocráticas também no campo das nanotecnologias é urgente tendo em vista que já há registro de mortes causadas por exposição à nanopartículas¹⁶. Segundo tal registro, na China duas mulheres morreram e sete sofreram danos irreversíveis no pulmão ao trabalharem sem proteção eficiente em uma fábrica de tinta, a qual tinha em sua composição nanopartículas de 30nm.

ii. Salvacionismo da CT:

A ideia de que a CT soluciona (e solucionará) todos os problemas do mundo baseia-se no modelo tradicional/linear de progresso, o qual define que o desenvolvimento científico (DC) produz mais desenvolvimento tecnológico (DT), gerando mais desenvolvimento econômico (DE) e conseqüentemente levando ao desenvolvimento social (DS), em uma seqüência necessariamente linear (DC > DT > DE > DS) (AULER, 2002). Neste sentido, o desenvolvimento da CT levaria, com absoluta certeza, ao desenvolvimento econômico do país e ao bem estar da sociedade, por isso a ideia de que a CT salvaria a humanidade.

¹⁶ Disponível em: <http://ciencia.estadao.com.br/noticias/geral,estudo-chines-documenta-mortes-por-nanot>. Acesso em: 16/07/2015.

No entanto, os problemas sociais não podem ser solucionados exclusivamente por meio da CT, segundo o autor, que citou a questão da carência alimentar como exemplo:

Para reduzir/acabar com a carência alimentar, com a fome, efetivamente, é necessário produzir alimentos em quantidade suficiente. Nesse aspecto, a CT podem contribuir significativamente, aproveitando, inclusive, os avanços da biologia molecular. Contudo, CT não possuem nenhum mecanismo intrínseco que garanta a distribuição dos alimentos produzidos. CT são fundamentais no campo da produção. Porém, em termos de distribuição, há outras dimensões a serem consideradas. (AULER, 2002, p. 108).

Portanto, a CT auxilia somente em alguns aspectos de um problema e acreditar que somente a CT dará conta de solucionar distintos problemas enfrentados pela sociedade é um mito. Assim, outros conhecimentos devem ser somados para a superação de problemas sociais, éticos, ambientais etc.

Em relação às nanotecnologias, o mito do salvacionismo é talvez o mais difundido. A seguir apresentam-se dois exemplos explicitados em títulos de textos midiáticos.

- “Veja como a nanotecnologia promete facilitar o dia-a-dia”¹⁷
- “‘A nanotecnologia vai resolver a maioria dos atuais problemas’, segundo cientista israelense” (INSTITUTO HUMANITAS UNISINOS, 2015).
- “Vantagens da Nanotecnologia: A solução de problemas da humanidade”¹⁸

Percebe-se que as nanotecnologias foram representadas nestes textos como promissoras de uma vida mais fácil ou mais confortável e como provedora de soluções para os problemas atuais e como intrinsecamente neutras e isentas de riscos associados, o que caracterizaria o mito do salvacionismo associado às nanotecnologias.

¹⁷ Disponível em: <<http://www.gazetadopovo.com.br/tecnologia/veja-como-a-nanotecnologia-promete-facilitar-o-dia-a-dia-b5d6bzxfnrnf6feifgc7qslse>>. Acesso em: 14/3/2015.

¹⁸ Disponível em: <http://www.euroresidentes.com/futuro/nanotecnologia/nanotecnologia_responsavel/nanotecnologia_beneficios_soluciao_humanidade.htm> . Acesso em: 14/3/2015.

iii. Determinismo Tecnológico:

Segundo Gómez¹⁹ (1997 *apud* AULER, 2002) há duas teses que apoiam a perspectiva do Determinismo Tecnológico:

a) A mudança tecnológica é a causa da mudança social, considerando-se que a tecnologia define os limites do que uma sociedade pode fazer. Assim, a inovação tecnológica aparece como o fator principal da mudança social; b) A tecnologia é autônoma e independente das influências sociais. (AULER, 2002, p.113).

Assim, nesta visão, admite-se que a tecnologia é que determina os rumos da humanidade e que o avanço tecnológico está integrado ao progresso. Assim, “caminha-se em direção ao futuro, em direção ao progresso, não há mais volta” (AULER, 2002, p. 113). Neste sentido, o desenvolvimento tecnocientífico é considerado como irreversível e só há uma opção a seguir, caracterizando tal desenvolvimento como inevitável.

No entanto, somente algumas áreas que empregam tecnologias têm seu desenvolvimento privilegiado em detrimento de outras, segundo Auler (2002), pois a tecnologia não opera por si própria, sendo influenciada com intensidades diferentes por vários fatores, como por exemplo, a economia, a política, as questões sociais, as organizações públicas e privadas etc. Segundo Gómez (1997 *apud* AULER, 2002) de um lado há a tendência em acreditar que a tecnologia é a própria influência predominante, consistindo num *tecnologismo extremo*; por outro lado há a posição do *economicismo extremo* que vê a economia como fator preponderante sobre o desenvolvimento tecnocientífico.

O sentido contrário do determinismo tecnológico foi discutido por Pacey²⁰ (1990 *apud* AULER, 2002), afirmando que ao invés de pensar que a tecnologia é que promove a mudança social, pode-se acreditar que é a reorganização social que possibilita o desenvolvimento tecnológico.

Assim, ao invés de afirmar que a máquina a vapor de Watt provocou a revolução industrial, é possível argumentar que o desenvolvimento anterior da organização da fábrica deu a Watt uma grande oportunidade para aperfeiçoar seus inventos. (AULER, 2002, p. 116).

¹⁹ GÓMEZ, R. J. Progreso, determinismo y pesimismo tecnológico. Redes. Buenos Aires: v. 4, n. 10, p.59-94, outubro de 1997.

²⁰ PACEY, A. La Cultura de la Tecnología. México: Fondo de Cultura Económica, 1990.

Neste viés, tal pensamento antagônico traduz a ideia que os humanos não são reféns da tecnologia, pois têm o controle sobre esta. No entanto, cabe também o cuidado de não chegar num outro extremo do *determinismo tecnológico* que é o *determinismo social*, segundo o autor.

Em relação às nanotecnologias, interpretou-se que o mito do Determinismo Tecnológico propaga a ideia de que o uso destas tecnologias é irreversível. A exemplo disso, o trecho a seguir, extraído do texto “Vacina de DNA é esperança no tratamento da tuberculose” do *Jornal da UNICAMP*, ilustra tal situação:

O uso de micro e nanopartículas para o transporte e liberação controlada de fármacos já está consolidado no mundo inteiro e constitui, segundo os dois pesquisadores, uma tendência irreversível. [...] serão iniciados os testes clínicos em humanos. A primeira etapa deve durar cerca de dois anos e a segunda, mais três. “Durante esse período, saberemos qual o grau de toxicidade do preparado e se ele de fato pode vir a se transformar num produto comercial. Caso tudo corra bem, a vacina de DNA pode vir a ser um importante recurso para o esforço de erradicação da tuberculose no mundo”, analisa o professor Celio Silva. De acordo com a professora Maria Helena Santana, o processo de produção dos lipossomas está sendo patenteado. (ALVES-FILHO, 2007, p. 7, grifos nossos).

Tal trecho indicou que apesar de os testes clínicos com humanos ainda não terem apontado a possibilidade de uso seguro das nanopartículas, já é uma *tendência irreversível* o uso delas no tratamento ou na cura da tuberculose. Embora o artigo tenha afirmado que o uso de nanopartículas “já está consolidado no mundo inteiro”, não traz considerações a respeito de estudos que indiquem a seguridade das nanopartículas para o uso humano.

Assim, problematizar a CT, como discutido anteriormente, não visa compreendê-la apenas pelo viés negativo, segundo Auler (2002), mas pensá-la com maior proximidade do real.

Refletir, problematizar essas construções não significa, de forma alguma, uma posição anti-ciência e anti-tecnologia. Pelo contrário, contribui, no nosso entender, para a construção de uma imagem mais realista da atividade científico-tecnológica. (AULER, 2002, p. 99).

A problematização dos mitos da CT permite que haja uma tentativa de identificá-los e superá-los e, neste sentido, é fundamental que no ensino de Ciências haja uma visão mais crítica e menos alienada em relação à CT.

2.3 A NÃO NEUTRALIDADE DAS NANOTECNOLOGIAS E O CONTEXTO BRASILEIRO

Ainda que haja vertentes que distinguem a ciência da tecnologia (FOUREZ, 1994) e as que defendem que estas instâncias operam em conjunto (MATTEDI; MARTINS; PREMEBIDA, 2011) – representadas pelo termo *tecnociência* – optou-se por não entrar no mérito desta discussão, pois não constitui o foco da pesquisa.

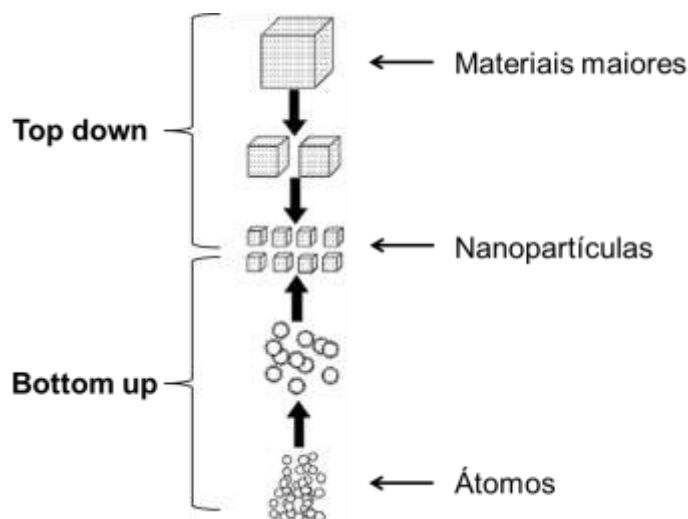
Apesar de reconhecer a complexidade em relação ao conceito de nanotecnologia e as várias definições apontadas na literatura, optou-se por incluir no termo *nanotecnologia* a *nanociência* e também a *nanoengenharia*, assim como considera Porter *et al.* (2007). A discussão sobre a definição das nanotecnologias será realizada posteriormente.

Em relação aos termos, identificou-se que muitos autores utilizam o termo *nanotecnologias*, no plural (INVERNIZZI; FOLADORI, 2006; INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT, 2007; FAGAN, 2009; ABDI, 2011; ENGELMANN; PULZ, 2015). Embora não se tenha identificado a distinção entre *nanotecnologia* e *nanotecnologias* nestas publicações, tal distinção parece ser esclarecida na descrição do *desvio do rumo* da nanotecnologia descrito por Joachim e Plévert²¹ (2009), autores do livro *Nanociências: a revolução do invisível*. Christian Joachim²² na década de 1980 fazia parte do grupo de pesquisadores preocupados com o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis - ecotecnologias - e relata que a nanotecnologia em sua essência é uma tecnologia que preserva os recursos naturais. A nanotecnologia reduziria o consumo de recursos na produção de materiais, pois os constrói a partir dos átomos, numa abordagem *bottom up*, ascendente ou de baixo para cima (JOACHIM; PLÉVERT, 2009), conforme FIGURA 3.

²¹ Laurence Plévert é jornalista e dedica-se à divulgação científica.

²² Christian Joachim é engenheiro e Doutor em Física Matemática e Física Quântica, recebeu dois prêmio Feynman de Nanotecnologia (1997 e 2005) e dirige pesquisas em nanociência na França e em Cingapura.

FIGURA 3 ESQUEMA DAS ABORDAGENS DAS NANOTECNOLOGIAS PARA CONSTRUÇÃO DE NANOPARTÍCULAS



FONTE: Modificado de <http://www.gitam.edu/eresource/nano/nanotechnology/role_of_bottomup_and_topdown_a.htm>. Acesso em: 14/10/2015

No entanto, houve um *desvio de rumo* da nanotecnologia, pois outras estratégias que não necessariamente empregam a abordagem *bottom up* foram incorporadas ao desenvolvimento da nanotecnologia, o que segundo os autores, diferencia a *nanotecnologia* das *nanotecnologias*:

Essa tecnologia ascendente de construção átomo a átomo, possível graças ao microscópio de tunelamento, chama-se de “nanotecnologia” [...] Porém, ao longo dos anos, a definição de nanotecnologia tornou-se cada vez mais elástica: ela transformou-se em “nanotecnologias”, que não dizem mais respeito apenas à manipulação de matéria átomo a átomo, mas fazem referência a todas as técnicas que permitem fabricar “objetos pequenos” com precisão da ordem do nanômetro, quando põem em jogo bilhões de átomos, e não mais alguns poucos (JOACHIM; PLÉVERT, 2009, p. 8-9).

Portanto, a abordagem *top down* também passou a ser considerada nas nanotecnologias, havendo este “alargamento” da definição de nanotecnologia. Assim, segundo os autores, os “belos projetos [da nanotecnologia] foram tragados pelas nanotecnologias no sentido mais amplo, as oriundas das tecnologias clássicas de microfabricação” (p. 14-15).

Assim, “há duas nanotecnologias: a nanotecnologia do fabrico molecular e a nanotecnologia dos produtos manipulados à nanoescala (tudo o

que tenha nanoestrutura)”²³. Portanto, esta nanotecnologia de *fabrico molecular* será referenciada aqui como *nanotecnologia molecular*, assim como em Toma e Araki (2005), e está inclusa no que se interpretou por *nanotecnologias*.

Na nanotecnologia molecular, a capacidade humana de manipulação de átomos foi demonstrada por meio da divulgação de imagens de átomos organizados intencionalmente. Em 1989, pesquisadores da *International Business Machines* (IBM) “escrevera” o logotipo da empresa com 35 átomos de xenônio (JOACHIM; PLÉVERT, 2009). Já em 2013 a mesma empresa divulgou um vídeo²⁴, no qual as imagens foram produzidas a partir de átomos de monóxido de carbono manipulados de forma a representarem um menino brincando com seu átomo.

Voltando ao *desvio de rumo* da nanotecnologia, Joachim e Plévert discutiram que isso ocorreu devido a uma “inacreditável operação política, em que se misturam guerra de influência, dinheiro e competição” (2009, p. 9). Resumidamente destaca-se que esta operação política ocorreu quando Albert Gore, ou Al Gore, na época senador do Tennessee (EUA), encantou-se pelas ecotecnologias - dentre elas a nanotecnologia - em 1992 durante a II Cúpula da Terra, realizada no Rio de Janeiro. Ao retornar para o seu país de origem, defendeu o financiamento de pesquisas em nanotecnologia, sob a liderança de Eric Drexler. No entanto, “o governo japonês lançara um programa de pesquisa para também ter acesso à manipulação de átomos, garantido, ao mesmo tempo, o futuro da indústria microeletrônica” (JOACHIM; PLÉVERT, 2009, p. 17).

Assim, devido à corrida tecnológica, em 1999 Al Gore, então como vice-presidente dos EUA na gestão de Bill Clinton, não direcionava mais grandes investimentos para o desenvolvimento da nanotecnologia, como uma ecotecnologia: “Elas [as nanotecnologias] tornaram-se repentinamente cruciais,

²³ Informações disponíveis no site do Departamento de Engenharia Química da Universidade de Coimbra:
<http://labvirtual.eq.uc.pt/siteJoomla/index.php?option=com_content&task=view&id=116&Itemid=2>. Acesso em: 14/12/2016

²⁴ Vídeo “A Boy And His Atom: The World's Smallest Movie” disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=oSCX78-8-q0>> Acesso em: 14/12/2016.

não para o desenvolvimento sustentável, mas para o futuro imediato da microeletrônica, da indústria química e da indústria farmacêutica.” (JOACHIM; PLÉVERT, 2009, p. 20). O *lobby* industrial fez com que a possibilidade da sustentabilidade fosse eximida do desenvolvimento norteamericano das nanotecnologias e neste contexto surge a *Initiative National em Nanotechnology* em 1999. Segundo os autores, tal Iniciativa apoia várias pesquisas nas áreas de “ciência dos materiais, sem distinção, a microeletrônica, os novos combustíveis e até as biotecnologias” (p. 21), confirmando que as nanotecnologias envolvem várias abordagens diferentes da nanotecnologia molecular.

Os autores apontam que neste contexto “a concorrência econômica e o interesse de grupos rivais são muitas vezes mais fortes que a aventura científica” (JOACHIM; PLÉVERT, 2009, p. 24). Assim, esta versão da gênese das nanotecnologias permite a compreensão da sua não neutralidade no âmbito do desenvolvimento científico e tecnológico.

No entanto, a nanotecnologia sustentável como foi descrita pelos autores parece imersa em uma perspectiva do salvacionismo, de que tal sustentabilidade estaria isenta de questionamentos éticos, por exemplo, em relação à manipulação de átomos.

Cabe destacar que o desenvolvimento de nanotecnologias sustentáveis não foi totalmente abandonado e continua ocorrendo, como, por exemplo, a elaboração de superfícies autolimpantes para automóveis, sapatos, roupas, o que diminui o consumo de água para limpeza, a purificação da água, a dessalinização mais viável e com menor gasto de energia ou ainda a remoção de petróleo da água em caso de derramamentos (SENAI-SP, 2012).

Portanto há nanotecnologias que trazem benefícios mas, no entanto, nem todas as nanotecnologias têm o balanço custo/benefício favorável. Por isso a necessidade de problematizar o desenvolvimento e uso destas tecnologias.

A preocupação com o desenvolvimento em relação às nanotecnologias foi demonstrado explicitamente por Eric Drexler, um dos pioneiros na área. Ele é

engenheiro, formado pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) e em 1991 foi o primeiro a obter o título de Doutorado em uma área que ele mesmo criou no MIT: a nanotecnologia (REGIS, 1997). Ele publicou o livro *Engines of Creation* (Motores da Criação) em 1985, no qual discutia principalmente a engenharia molecular.

Ele [Eric Drexler] foi um dos primeiros cientistas a se dedicar às questões voltadas à segurança e regulação bem como a inevitável popularização da ideia de nanorrobôs circulando de forma autônoma pelo corpo humano [...] (SENAI, 2012, p. 43).

Drexler discutia, segundo Regis (1997, p. 15), que a nanotecnologia poderia efetivamente controlar a estrutura da matéria a partir da manipulação dos átomos. Esta tecnologia portanto poderia, por exemplo, fazer com que os humanos não precisassem mais produzir com suas próprias mãos carros, roupas, alimentos, casas, pois os “montadores” invisíveis fariam todo o trabalho (REGIS, 1997, p. 15). Além disso, o autor aponta que Drexler afirmava que a nanotecnologia extingiria a fome, pois permitiria “transformar detritos em um bife se assim desejasse”, afinal, as vacas são “máquinas de produzir carne” e fazem isso a partir de “grama, ar, água e luz do Sol”. Muito tempo antes, em 1959 o Físico Richard Feynman na palestra “There’s Plenty of Room at the Bottom” (Há muito espaço lá embaixo) proferida no *California Institute of Technology* (CalTech) especulou que nada impedia a manipulação de átomos, tanto que alguns autores consideram-no o precursor teórico da nanotecnologia, ou, o pai da nanotecnologia²⁵ (CADIOLI; SALLA, 2006).

Com o controle da matéria a nanotecnologia poderia também controlar completamente a Biologia humana, erradicando doenças e o envelhecimento, por exemplo, por meio de nanorrobôs (REGIS, 1997). Porém, é válido ressaltar que atualmente isso é apenas uma ideia, como explica Schulz (2009, p. 96) “ninguém sabe se é exequível. A síntese química de nanorrobôs, bem como sua teleguiagem, parece particularmente difícil de empreender”.

²⁵ No entanto, os autores discutem que o termo *nanotecnologia* foi usado pela primeira vez somente em 1974 por Norio Taniguchi da Universidade de Ciência de Tóquio no artigo intitulado “On the basic concept of nanotechnology” no periódico “Proceedings of the International Conference on Production Engineering”.

No entanto, aplicações de nanotecnologias já são encontradas cotidianamente e são possíveis graças ao emprego de conhecimentos, técnicas e metodologias de diferentes áreas de conhecimento para investigação de determinadas questões.

Além disso, as dinâmicas interdisciplinares de constituição das nanotecnologias permitem que novas técnicas e processos sejam elaborados, como explica Schulz (2009):

O desenvolvimento da Biologia, por exemplo, levou à investigação de novos níveis de detalhe, como é o caso da biologia molecular, provocando um flerte da Biologia, primeiro com a Química e, mais recentemente, com a Física. Ferramentas da Física como a mecânica quântica, passaram a ser usadas pelos químicos, no que se chama química quântica. Mas uma nanociência impõe um desafio maior, pois ela não se caracteriza como uma ciência tradicional que toma “emprestada” uma metodologia de outra. Se um “nanocientista” busca desenvolver um dispositivo de eletrônica molecular, baseado no autoarranjo de moléculas de DNA, novos procedimentos são desenvolvidos e estes são necessariamente interdisciplinares. [...] A reorganização das instituições de pesquisa para a abordagem de novos temas de pesquisa que já não obedecem às tradicionais divisões disciplinares, é um processo interessante do qual a nanociência é de fato um dos protagonistas. (SCHULZ, 2009, p. 34-35).

Pode-se assim interpretar que as nanotecnologias são construídas de forma interdisciplinar e que isso implica em mudanças na organização das pesquisas científicas que não ficam mais restritas a apenas uma área de conhecimento. Além da sua própria constituição, as aplicações das nanotecnologias também ocorrem em diversas áreas.

Uma das áreas com muitas aplicações é das nanoBIOtecnologias, as quais são compostas principalmente por quatro áreas segundo Caballero (2007, p. 131), “medicina, alimentos e indústria agrícola, a farmacologia e a biologia com todas as metodologias de conhecimento que estão inseridos nesta ciência”.

Joachim e Plévert (2009, p. 22) mencionaram que o termo *nanobiotecnologias* é apenas um nome de “rebatismo” das biotecnologias. Dentre as finalidades, as nanobiotecnologias “buscam dominar a ‘plataforma manufatureira’ auto-replicante da natureza para usos industriais” (GRUPO ETC, 2005, p. 26), ou seja, “a nanotecnologia está aprendendo os segredos

dos sistemas biológicos para reproduzi-los em dispositivos moleculares gerados em laboratório” (TOMA, 2009). Neste sentido, algumas nanobiotecnologias buscam conferir características de seres vivos – a reprodução, por exemplo – a objetos tecnológicos. Essa foi uma das questões que levou Drexler a questionar o desenvolvimento das nanotecnologias (REGIS, 1997). Assim, poderia haver a possibilidade de formação da *Grey Goo* que, segundo o documento elaborado pelo Ministério de Ciência e Tecnologia, significa *Gosma Cinzenta*:

Termo cunhado por Eric Drexler, em 1986. Refere-se a um cenário de ficção científica em que nanorrobôs auto-replicantes saíam do controle, começariam a se “reproduzir” e consumiriam toda a matéria orgânica, acabando com a vida na Terra (BRASIL, 2006^a, p. 6).

Neste sentido, nanorrobôs poderiam ser programados para consumir elementos químicos abundantes no planeta, como o carbono, assim consumindo todo o planeta. Esta ideia foi bastante explorada pela mídia em textos²⁶, vídeo²⁷ e livros de ficção científica²⁸. Alguns autores apontam que a nanotecnologia descrita por Drexler, bem como a Teoria da Gosma Cinzenta, levaram à marginalização científica de suas ideias (SENAI, 2012). Então, o que se tem na atualidade?

A *Initiative National em Nanotechnology* distingue quatro estágios do desenvolvimento de produtos em nanotecnologias, no qual o 1º estágio foi o das *nanoestruturas passivas* criadas entre 2001 e 2005 e que incrementam boa parte dos produtos disponíveis no mercado (SENAI, 2012, p. 60). A mesma publicação indica que no 2º estágio estão sendo elaboradas as *nanopartículas ativas*, desde 2006, as quais estão em fase de experimentação nos laboratórios e constituem vários produtos, dentre eles, os medicamentos de destinação específica (*drug delivery*) e músculos artificiais, os quais estariam “chegando ao consumidor final” em 2012 (p. 60). A 3ª fase é a dos *nanossistemas* que

²⁶ “**Ciência em Dia: A gosma de US\$ 3,7 bilhões**” publicado em 04/01/2004. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u10837.shtml>> Acesso em: 09/02/2016.

“**Contagem Regressiva: nanotecnologia**” não datado. Disponível em: <<http://revistagalileu.globo.com/Revista/Common/0,,EMI296186-17933,00-CONTAGEM+REGRESSIVA+NANOTECNOLOGIA.html>> Acesso em: 09/02/2016.

²⁷ “**Como destruir o mundo com nanotecnologia**”. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=c4r_7VYJTwM> Acesso em: 09/02/2016

²⁸ CRICHTON, M. **Presa**. Trad. Geni Hirata. Rio de Janeiro: Rocco, 2013.

estariam sendo desenvolvidos desde 2010 e a 4ª dos *nanossistemas moleculares heterogêneos* que deverão ganhar impulso entre 2015 e 2017. Somente a última fase é que possibilitaria “máquinas em nanoescala, biologia de nanossistemas para cuidados médicos e novas interfaces homem-máquina nos níveis de tecido e sistema nervoso” (SENAI, 2012, p. 63)

No Brasil, o desenvolvimento das nanotecnologias, segundo Martins *et al* (2007, p. 12), tem como marco o Edital CNPq Nano nº 1/2001, “o mais importante em termos de articular recursos humanos e financeiros”. No entanto, os atores indicaram que desde 1987 já havia investimentos no desenvolvimento de técnicas em nanotecnologias. Já o Grupo-ETC (2005) aponta como marco os primeiros pedidos de patentes de produtos nanotecnológicos no Instituto Nacional de Propriedade Intelectual em 1999.

Além disso, no Brasil já circulam textos midiáticos sobre as nanotecnologias (AMORIM, 2008; KÖRBES, 2013; NOVO, 2013) e já há produtos nanotecnológicos sendo vendidos nos mercados. Martins *et al.* (2007) apresentaram uma lista com 49 empresas²⁹ que utilizam as nanotecnologias em pesquisas e produtos comercializados no Brasil. No entanto, nos rótulos destes produtos geralmente não há indicação do uso destas tecnologias. Em vários países há a preocupação em definir questões relacionadas às nanotecnologias e a regulação³⁰ da produção e uso desta em produtos e processos.

No Brasil, dois projetos de lei (PL) para regular a pesquisa e uso das nanotecnologias já foram rejeitados (BATISTA; PEPE 2014) e há dois PL em

²⁹ Entre as empresas destaca-se: Faber-Castell: trabalha no aprimoramento do grafite; Santista Têxtil: têxteis e confecções com acabamento antimicrobiano; Natura: emprega nanotecnologia na linha de hidratantes tornando-os mais fáceis de espalhar e com rápida absorção e secagem; Q Boticário: desenvolve cremes contra o envelhecimento, como o *Nanoserum*, da linha *Active*; Embrapa: elaborou o filme protetor comestível, que visa garantir qualidade e consumo imediato de frutas e legumes, e a língua eletrônica, um sensor para avaliação da qualidade da água e diversas bebidas; Orbys: em parceria com a Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) produz o Imbrik, um nanocompósito de argila e látex para ser aplicado em brinquedos, concreto, calçados, adesivos, embalagens, entre outros.

³⁰ Há diferença entre os termos regulação (criação de leis) e regulamentação (alteração de leis) segundo a apresentação do professor Reginaldo Pereira durante o *XI Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente* ocorrido em outubro de 2014, em São Leopoldo, Rio Grande do Sul. Pereira aponta que no caso da nanotecnologia deve haver uma regulação, apesar de a mídia empregar esses termos indiscriminadamente.

tramitação para regulação das nanotecnologias (ENGELMANN; PULZ, 2015). Nessa regulação também está envolvida desde 2014 a Agência de Vigilância Sanitária (ANVISA) (BRASIL, 2014b) e o Comitê Interministerial de Nanotecnologia, o qual aderiu ao projeto europeu de regulação *NanoReg*³¹.

Tal panorama nos indica que pelos menos há dez anos existem iniciativas de regulação das nanotecnologias no Brasil, mas efetivamente não há tal regulação. Há registros de que estes produtos já circulam no mercado sem a devida identificação, tais como medicamentos (BATISTA; PEPE, 2014) e alimentos (NUNES; GUIVANT, 2008).

No entanto, conforme discutido no XI Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente (SEMINANOSOMA) ocorrido em 2014 em São Leopoldo (RS), para regular as nanotecnologias é imprescindível que a terminologia utilizada para as estruturas e processos seja estabelecida e que os efeitos de nanoestruturas sejam pesquisados, não somente em humanos, mas também os efeitos na fauna e na flora. Ainda não há consenso sobre qual deve ser a definição das nanotecnologias.

Balogh (2010) problematiza esta questão, afirmando que:

Todas as definições são produtos de consenso entre partes interessadas (cientistas, jornalistas, interessados, etc.) que participam do processo, portanto o conteúdo reflete suas visões atuais. Para uma definição geral, nós simplesmente não conhecemos o suficiente ainda (BALOGH, 2010, p. 398, tradução nossa).

No entanto, há sugestões de como deve ser tal definição. A Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI), vinculada ao MCTI brasileiro, no relatório *Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação*, afirma que muitas definições restritas de nanotecnologias tem considerado apenas a faixa da escala nanométrica (ABDI, 2011). No entanto, segundo a ABDI, é necessário considerar, além da escala, as propriedades físico-químicas dependentes da nanoescala, o que concorda com outras

³¹ NanoReg é um projeto europeu de regulação internacional das nanotecnologias junto a 16 países europeus, além de Austrália, Canadá, Coreia do Sul, Estados Unidos e Japão (BRASIL, 2014c).

definições, como, por exemplo, a apresentada pela Organização Internacional de Padronização (ISO)³².

Portanto, interpreta-se que a princípio dois elementos são fundamentais para a definição das nanotecnologias: a escala e as propriedades físico-químicas dependentes desta escala. Assim como discute Strieder (2012, p. 111) "uma análise centrada apenas na etimologia e/ou definições de termos como *técnica*, *ciência* e *tecnologia* não é suficiente para compreender a complexidade do assunto" tecnologia. Da mesma forma, não é suficiente apresentar as nanotecnologias como a tecnologia que manipula a matéria em escala nanométrica, como a etimologia da palavra sugere.

A chave para entender o poder e o potencial único da[s] nanotecnologia[s] é que, em nanoescala (menos que aproximadamente cem nanômetros) as propriedades dos materiais podem mudar drasticamente (GRUPO-ETC, 2005, p. 14).

São estas propriedades bastante diferenciadas que fazem com que objetos, antes pertencentes à ficção científica, comecem a ser produzidos, como uma capa da invisibilidade³³, roupas autolimpantes e outras aplicações já mencionadas.

Por outro lado, as nanotecnologias não estão modificando sozinhas a relação homem-tecnologia, como salienta Martins (2007):

Na verdade, mais importante é ressaltar que o que está em curso é uma convergência de tecnologias. Nós aqui estamos tratando de uma parte delas, que é a nano, mas na verdade as coisas estão acontecendo na confluência dessas quatro: a nano, a bio, a tecnologia de informação e a neurociência ou a cognociência. É na convergência dessas quatro que a ciência está dando um salto que a humanidade nunca viu de forma precedente. (MARTINS, 2007, p. 126, grifo nosso).

As nanotecnologias nesta convergência seriam o "possibilitador-chave" (GRUPO-ETC, 2005, p. 23). Retomando o texto grifado no trecho anterior, questiona-se: se a ciência está dando um salto que a humanidade nunca viu de

³² A ISO por meio da ISO/TS 80004, definiu que nanotecnologia é a: "aplicação do conhecimento científico para manipular e matéria em escala nanométrica, a fim de usar propriedades e fenômenos dependentes de tamanho e estrutura, distintos dos associados com átomos ou moléculas individuais ou com materiais maiores. (ISO, 2010, tradução nossa).

³³ Tal produção foi noticiada em 2015. Disponível em: <<http://g1.globo.com/ciencia-e-saude/noticia/2015/09/cientistas-desenvolvem-pequena-capa-de-invisibilidade.html>> Acesso em: 10/02/2016.

forma precedente, em que direção está ocorrendo tal salto? O título do relatório publicado pela *National Science Foundation* pode indicar uma intenção desta convergência tecnológica: “Converging Technologies for Improving Human Performance” (Convergência tecnológica para melhoramento da performance humana) (ROCO; BAINBRIDGE, 2003). Neste sentido, se isso ocorrer, pode haver pessoas “melhoradas” e os “não melhorados” por opção ou por falta de acesso (GRUPO-ETC, 2005), aumentando ainda mais as desigualdades sociais.

Outro questionamento ético refere-se ao acesso da população aos produtos das nanotecnologias. A maioria das pesquisas nesta área no Brasil é realizada em universidades públicas e, portanto, são também financiadas com investimento de verbas públicas, conforme afirma o Professor Doutor Paulo Roberto Martins na abertura dos programas *online* intitulados *Nanotecnologia do Avesso* e *Nano Alerta*³⁴: “Fazemos esse programa dedicado ao público não especialista porque é este público que paga as pesquisas sobre nanotecnologia no Brasil”. No entanto, o investimento da população não garante que os resultados sejam revertidos em seu benefício.

[...] mesmo se os grandes países em desenvolvimento, como China, Índia, Brasil e outros conseguem se tornar fabricantes de nanoproductos capazes, por exemplo, de gerar energia de maneira limpa e barata, produzir água potável a baixos custos e incrementar a produção agrícola, isso não significa que a maioria da população pobre será beneficiada. Para os pobres, a estrutura socioeconômica representa uma barreira muito mais alta que a inovação tecnológica (INVERNIZZI; FOLADORI, 2006, 71).

Portanto, o desenvolvimento brasileiro em nanotecnologias não garante que a população financeiramente desfavorecida tenha acesso aos produtos e serviços nanotecnológicos. Neste sentido, Martins *et al* (2007, p. 43) colocam que “claro está que os estudos de impactos não são de interesse do setor produtivo brasileiro, quando se trata de realização de pesquisas”, pois “as ciências humanas foram excluídas do processo de produção de conhecimentos sobre nanotecnologia no Brasil”, segundo os dados sobre investimentos do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). Isso não quer dizer que

³⁴ Programas disponíveis em: <<https://vimeo.com/user1703498>> e em <<http://www.nanotecnologiadoavesso.org/>>. Acesso em: 14/06/2015.

não há pesquisas que investigam os impactos das nanotecnologias. Um dos grupos que se dedicam a esta finalidade é a *Rede de Pesquisa em Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente* (RENANOSSOMA), a qual foi fundada em 2004 e promove programas de entrevistas que ocorrem *online* e semanalmente e eventos científicos internacionais anualmente.

Em suma, tendo em vista este panorama conclui-se que as nanotecnologias já estão presentes no cotidiano brasileiro, por estarem presente em produtos comercializados, seu desenvolvimento ser financiado com investimentos públicos, haver PL que intencionam sua regulação e textos midiáticos que tratam da temática. Tal panorama possibilitou a compreensão de que a desenvolvimento nanotecnológico não é isento de neutralidade, o mito original da CT. Além disso, argumentou-se em relação à distinção das nanotecnologias e a nanotecnologia molecular o que deve ser considerado no ensino dessa temática para que equívocos sejam evitados.

CAPÍTULO III. CONSTRUÇÃO TEÓRICO-METODOLÓGICA DA PESQUISA

Para a condução desta investigação utilizou-se a abordagem teórico-metodológica e epistemológica da Pesquisa Qualitativa. Uma das características da Pesquisa Qualitativa é a compreensão dos “comportamentos a partir das perspectivas dos sujeitos da investigação” (BOGDAN; BICKLEN, 1991, p. 16). Assim, os autores discutiram que a Pesquisa Qualitativa pode ser caracterizada por cinco elementos³⁵:

(1) “a fonte direta de dados é o ambiente natural” [...] (2) “a pesquisa qualitativa é descritiva” [...] [e o] (3) “significado é de importância vital”; [...] (4) “os investigadores interessam-se mais pelo processo do que pelos resultados e produtos” [...] [e] (5) “tendem a analisar os seus dados de forma indutiva” [...] [ou seja] “as abstrações são construídas à medida que os dados particulares que foram recolhidos se vão agrupando” (BOGDAN; BICKLEN, 1991, p. 47-51).

Portanto, na Pesquisa Qualitativa privilegia-se a descrição (seguida pela análise), o significado e o contexto das questões investigadas, bem como o processo que levou a construção dos resultados. Além disso, a análise tende a ocorrer de forma indutiva, em função das similaridades identificadas no material empírico para construção das abstrações.

A Pesquisa Qualitativa busca fundamentalmente *compreender* e não *explicar* o objeto de pesquisa (GARCIA, 2014). Neste sentido, *explicar* significa determinar as causas do fato, já *compreender*, na pesquisa Qualitativa, denota oferecer possíveis interpretações do fato, segundo o material empírico e a construção teórica.

O pesquisador participa da investigação, expondo seus motivos pessoais, pontos de vista e possíveis interferências na pesquisa. Ele *produz* dados, não no sentido de inventá-los, mas no sentido de ter consciência de que ele interfere na constituição destes dados, tanto que pesquisadores diferentes estudando um mesmo objeto de pesquisa produzirão dados diferentes, pois têm visões e valores distintos para cada elemento do mesmo objeto (GARCIA, 2014). Neste sentido, a subjetividade do pesquisador deve ser explicitada e

³⁵ Os elementos foram apresentados em ordem distinta à descrição dos autores a fim de facilitar a apresentação.

procura-se compreender os efeitos destas subjetividades sobre a pesquisa, num processo de objetivação.

A procura dessa objetividade, na área qualitativa, percorre uma via diferente da quantitativa clássica. Evitando a redução, o investigador não só aceitará confrontar-se com seus colegas, mas acima de tudo explicitará os apriorismos e o cálculo dos efeitos destes sobre a sua pesquisa. Não se trata aqui de ser objetivo pelo reconhecimento da subjetividade e pela objetivação dos efeitos dessa mesma subjetividade (VAN DER MAREN, 1987 *apud* LESSARD-HÉBERT *et al.*, 1990, p. 67).

O processo de objetivação constitui-se, então, em um esforço de síntese entre a dualidade subjetividade e objetividade (GARCIA, 2014). A objetividade, dentro do processo de objetivação, é um dos critérios de cientificidade assim como a *fidelidade* e a *validade* (LESSARD-HÉBERT *et al.*, 1990, p. 63).

O critério *fidelidade* é ampliado na pesquisa qualitativa e baseia-se na “persistência de um procedimento de medida em obter a mesma resposta, independente do como e do quando da sua produção”, ou seja, “o resultado é independente das circunstâncias acidentais da pesquisa” (KIRK; MILLER, 1986, p. 19 *apud* LESSARD-HÉBERT *et al.*, 1990, p. 68). Assim, um procedimento metodológico deve ser fiel à produção dos dados, empregando sempre o mesmo procedimento com os entrevistados e com a análise de materiais.

Quanto ao critério de *validade*, este pode ser definido pela coerência interna da pesquisa, na qual os métodos deverão produzir dados que efetivamente auxiliaram na compreensão do objeto de pesquisa. O investigador também deve preocupar-se com a validade de suas observações: “os dados ou medidas obtidos possuem valor de representação” (LESSARD-HÉBERT *et al.*, 1990, p. 68). Por isso, é essencial argumentar em relação às opções e caminhos que se percorreu para chegar a determinada interpretação, demonstrando a validade de tal ideia.

Além disso, não são adotadas hipóteses na Pesquisa Qualitativa, pois a hipótese estabelece uma relação causal (GARCIA, 2014) e caracteriza o *contexto da prova* (LESSARD-HÉBERT *et al.*, 1990). Em contrapartida, a

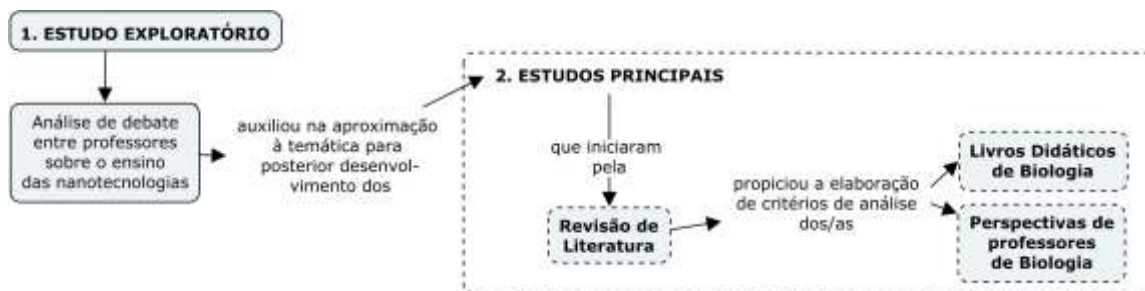
Pesquisa Qualitativa se desenvolve no *contexto da descoberta*, no qual não há hipóteses, pois a busca pelas causas não é intencionada, mas sim uma compreensão das intenções e das condições em que determinado processo acontece. Assim, tal Pesquisa orienta-se por uma pergunta de pesquisa e a responde argumentando com base no material empírico e na construção teórica. Portanto, a tarefa do investigador, na pesquisa qualitativa, é compreender “o modo como as organizações sociais e a cultura [...] influenciam as opções e as condutas das pessoas em ação” (ERICKSON, 1986 *apud* LESSARD-HÉBERT *et al.*, 1990).

Neste paradigma, o percurso metodológico da presente pesquisa foi iniciado por um estudo exploratório a fim de compreender o que se vinha discutindo em relação à inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio.

3.1 PERCURSO DA PESQUISA

O percurso da presente pesquisa foi esquematizado na FIGURA 4 apresentada a seguir.

FIGURA 4 - ESQUEMA DO PERCURSO DA PESQUISA



FONTE: A autora (2016).

Inicialmente foi realizado o estudo exploratório do texto resultante do debate *online* promovido pela Secretaria de Estado da Educação do Paraná (SEED-PR) em 2013 sobre o ensino de Química e as nanotecnologias. Este estudo permitiu compreender principalmente alguns posicionamentos de professores em relação ao ensino das nanotecnologias. Posteriormente foi realizada uma revisão de literatura, na qual se identificou a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias em vários níveis de ensino e também as tendências para o ensino dessa temática segundo as perspectivas apresentadas em publicações. Tais tendências possibilitaram elaborar critérios de análise das propostas de ensino das nanotecnologias elaboradas por livros didáticos e por professores.

3.2 O ESTUDO EXPLORATÓRIO: DEBATE ONLINE SOBRE ENSINO DAS NANOTECNOLOGIAS.

No início do mestrado, procurou-se por materiais sobre ensino das nanotecnologias na *internet* e foi encontrado um texto resultante de um debate *online* em que professores de Química discutiram o ensino desta temática. Tal debate foi promovido pela SEED-PR, em 2013. Apesar de tal debate ter ocorrido entre professores de Química, percebeu-se neste material a possibilidade de compreender, pela perspectiva de professores, a viabilidade, as preocupações e as sugestões explicitadas em relação à temática discutida. Muitas destas perspectivas são adequadas também ao ensino de Biologia, pois ambas são disciplinas das Ciências da Natureza e também pelo fato das

nanotecnologias serem uma temática interdisciplinar. Assim, a análise deste documento teve como objetivo compreender as perspectivas de professores em relação ao ensino das nanotecnologias.

Este debate é um dentre vários que foram desenvolvidos nos anos de 2012 e 2013 pela SEED-PR, em encontros virtuais intitulados *Hora Atividade Interativa* (HAI). Nesta atividade professores da rede pública do Estado do Paraná debateram por meio de um *chat* a respeito de algum tema em evidência no ensino de determinada disciplina. Geralmente a HAI é composta não somente pelo debate, mas também pela indicação de vários materiais (áudios, imagens, links, simuladores, sugestões de leitura e vídeos) que permanecem disponíveis no site da SEED-PR para consulta.

O debate analisado teve como título “Nanotecnologia no Ensino de Química” e ocorreu em maio de 2013. Esta temática foi requisitada por professores participantes do debate anterior, o que já indica que professores paranaenses de Química têm interesse pela temática e que ela tem relevância na formação dos professores segundo a referida Secretaria de Educação.

Obteve-se o material empírico para análise por meio *site* da SEED-PR, no qual o debate estava disponível³⁶. O número total de professores que acessaram o debate durante esta HAI foi de 111 professores, segundo informações obtidas por meio de Requisição de informação junto a SEED-PR (protocolo nº 13.541.430-1). Durante o debate 28 docentes manifestaram-se com frequências bastante diferentes. O texto resultante do debate contém 223 comentários, sendo 182 dos professores e 41 da equipe da SEED-PR.

Não foi possível identificar exatamente quantos municípios do Estado do Paraná estavam representados pelos professores neste debate, no entanto pode se fazer uma estimativa de que docentes de, no mínimo, 18 municípios diferentes estavam participando. Os professores participantes - ativa ou

³⁶ Debate disponível em: <
<http://www.quimica.seed.pr.gov.br/modules/conteudo/conteudo.php?conteudo=286#debates>>.
Acesso em: 14/04/2014.

passivamente - do debate representavam 4.2% do total³⁷ de professores atuantes nesta disciplina no estado. Neste sentido, a presente pesquisa visou obter uma compreensão significativa das perspectivas de professores interessados na inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na disciplina de Química, e não obter as perspectivas de uma parcela significativa dos professores atuantes no estado.

Dentre os 28 participantes, quatro professores declararam-se integrantes do corpo técnico de um dos Núcleos Regionais de Educação, ou seja, podem potencialmente atuar como multiplicadores da temática em sua região, conforme evidenciado em falas durante o debate.

As manifestações dos docentes foram analisadas segundo três eixos de análise estabelecidos após a leitura e pré-análise do documento. Os eixos foram compostos por subeixos de análise. Os dois primeiros eixos intitulados *percepções das nanotecnologias* e *formação docente* auxiliaram na compreensão do terceiro eixo *inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio*. Optou-se por apresentar nesta dissertação uma síntese dos principais resultados destas análises.

No eixo *percepções das nanotecnologias*, a SEED-PR e alguns professores problematizaram a temática, discutindo a interdisciplinaridade associada, suas “fantásticas” aplicações, mas também seus potenciais prejuízos. Já no eixo *formação docente*, apontou-se que os professores manifestaram conhecer um pouco, nas palavras deles, a respeito das nanotecnologias e demonstraram interesse em conhecê-la cada vez mais. Também foram registrados pedidos de cursos de formação docente com esta temática e agradecimentos pelo momento de formação oportunizada pelo debate.

No terceiro eixo: *inserção da nanotecnologia no Ensino Médio* compreendeu-se que os professores demonstraram favorabilidade em relação

³⁷ A SEED-PR informou que no mês de maio de 2013, o número de professores de Química de todo o estado era de 2658. Disponível em: < <http://www4.pr.gov.br/escolas/numeros/index.jsp>> Acesso em: 14/03/2015.

à inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio. No entanto, manifestaram preocupação em relação à aprendizagem dos estudantes, pois se trata de um tema “difícil”, segundo estes professores. Tal preocupação foi frequente durante o debate: 22 comentários emitidos por 13 professores. Os professores poderiam ter manifestado preocupação em relação a *o que ensinar*, ou seja, o que selecionar do *saber de referência* para trabalhar em sala de aula, focando no processo de ensino. Entretanto, prevaleceu o questionamento acerca do processo de aprendizagem, focado no estudante, questionando a possibilidade do estudante compreender esta temática.

Durante o debate a equipe da SEED-PR perguntou aos professores se eles já abordaram as nanotecnologias em aula. Três tipos de respostas foram identificadas: *sempre* abordam, *nunca* abordaram ou *citam* algo a respeito da temática.

Três professores manifestaram que abordam e dentre eles dois afirmaram categoricamente que *sempre* abordam as nanotecnologias em suas aulas, mas ainda assim, fizeram ressalvas quanto aos recursos utilizados ou ao seu próprio conhecimento sobre as temáticas.

Com relação a esse tema abordo sempre, mas meus materiais estão relacionados basicamente com estudos desenvolvidos pela NASA, e relaciona com a viagem prevista para Marte!! (Professor Alberto³⁸, grifo nosso)

Eu sempre abordo esse tema... mas não sabia de tantas aplicabilidades (Professora Deise, grifo nosso).

Sim, através das informações recebidas através reportagens, artigos científicos e revistas, de maneira que sempre podemos dar uma pincelada e instigar o aluno a pesquisar mais (Professora Amanda).

Assim, entendeu-se que *abordar* as nanotecnologias, por exemplo, para o professor Alberto significa trabalhar com materiais relacionados à temática, supostamente textos, ou com reportagens como aponta a professora Amanda. Outros professores afirmaram *falar sobre* nanotecnologia em sala de aula, de forma pouco frequente, *superficial* e na forma de *comentários*.

³⁸ Nomes fictícios foram atribuídos aos professores que se manifestaram durante o debate.

Quando se leva para sala de aula "osmose" e a escassez da água não tem como não falar de nanotecnologia, mas a palavra é pouco pronunciada perante os alunos (Professora Eduarda, grifo nosso).
Eu abordo o tema bem superficial, mas é um excelente tema pra se aprofundar (Professora Mariana, grifo nosso).
Faço comentários sobre a nanotecnologia em minhas aulas, mas gostei desta ênfase, interagir a nanotc. com mais conteúdos variados, planejar aula com investigação nesta relação será necessário (Professora Eduarda, grifo nosso).

Apesar de três professores indicarem *nunca* ter *abordado* ou *trabalhado* a temática em sala de aula, eles afirmaram já ter *citado* as nanotecnologias e ter solicitado aos estudantes uma pesquisa e apresentação sobre a temática.

Nunca abordei esse tema em aulas, o que sempre propus foram trabalhos em forma de pesquisa sobre o assunto seguido de apresentação da pesquisa (Professora Fatima, grifo nosso).
Nunca trabalhei detalhadamente a nanotecnologia, fiz citações quando abordei interação molecular após falar sobre tensoativos (Professora Paula, grifo nosso).
Nunca abordei esse tema em aulas, trabalho com pesquisa (Professora Andressa, grifo nosso).

Percebeu-se, segundo as falas dos docentes, que as inserções dos conhecimentos em nanotecnologias ocorreram ao menos de três formas distintas:

- i) Os estudantes pesquisam e apresentam sobre as nanotecnologias, conforme o comentário da professora Fatima apresentado anteriormente.
- ii) Os professores *citam*, *falam* e *comentam* em relação às nanotecnologias, a exemplo da fala da professora Paula.
- iii) Os professores utilizam recursos para *abordar* a temática, como apontado pelo professor Alberto.

Ao apontar estas formas de inserção, 3 professores diferenciaram os termos adequados para referir-se à inserção implementada. No debate alguns professores afirmaram que *nunca abordaram ou trabalharam detalhadamente* as nanotecnologias, por isso, interpretou-se que estes termos foram considerados por eles como inadequados para referirem-se às estratégias de inserção utilizadas por estes professores, conforme consta no QUADRO 1.

QUADRO 1 TERMOS UTILIZADOS PELOS PROFESSORES PARTICIPANTES DO DEBATE PARA REFERIREM-SE À INSERÇÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS NO ENSINO DE QUÍMICA

	TERMOS ADEQUADOS	TERMOS INADEQUADOS
Professora Fatima	“sempre propus foram trabalhos em forma de pesquisa sobre o assunto seguido de apresentação da pesquisa”	“nunca abordei”
Professora Paula	“fiz citações”	“nunca trabalhei detalhadamente”
Professora Deise	“trabalho com pesquisa	“nunca abordei”

FONTE: A autora (2016).

Neste sentido, *abordar* as nanotecnologias não é um termo adequado, segundo estes professores, para se referir à inserção da temática em forma de pesquisas ou quando há citações, comentários e falas. Mas o que então significa *abordar* ou *trabalhar* as nanotecnologias em aula para estes professores?

A fala de alguns professores oferecem pistas: significa utilizar recursos referentes às nanotecnologias, como por exemplo, textos sobre a viagem ao planeta Marte possibilitada também pelas nanotecnologias, conforme interpretação da fala do professor Alberto. *Abordar* as nanotecnologias também pode significar o próprio professor apresentar a temática em aula. A situação em que os alunos apresentam a temática à classe não foi considerada como uma abordagem dos conhecimentos em nanotecnologias em sala de aula, conforme a fala da professora Fatima apresentada anteriormente. Assim, citar a temática em sala de aula ou solicitar aos estudantes que pesquisem e a apresentem, não significa, segundo os professores, *abordar* ou *trabalhar* os conhecimentos em nanotecnologias em aula.

Esta distinção entre os termos realizada pelos professores levou à adoção, nesta pesquisa, do termo *inserção dos conhecimentos em nanotecnologias* no ensino, por entender que tal inserção inclui tanto a *abordagem* quanto as *falas, comentários* ou *menções* sobre as nanotecnologias.

O objetivo final do ensino das nanotecnologias foi descrito em um comentário da professora Fatima, apresentado a seguir.

Acredito que devemos contemplar vários recursos para poder atingir o objetivo final: propiciar ao aluno a compreensão e utilidade dessa tecnologia na sua vida (C173- P Fatima, grifo nosso).

Concorda-se que este é um dos objetivos do ensino da temática. É importante destacar a utilidade das nanotecnologias na vida do aluno, aproximando-as do cotidiano dele, como também é fundamental problematizar questões econômicas, políticas, sociais e ambientais a ela relacionadas.

Além disso, os professores demonstraram insatisfação em apenas solicitar pesquisas aos alunos, citar a temática durante a aula ou trabalhar com materiais limitados, pois afirmaram querer estudar mais para trabalhá-la de forma mais ampla. Neste sentido, os docentes também propuseram ao final do debate recursos e estratégias para o ensino. Algumas destas propostas pareceram aproximar-se de uma abordagem problematizada das nanotecnologias.

iniciaria com um vídeo, depois um texto, um debate sobre prós e contras, finalização avaliativa (Professora Paula, grifo nosso).

Verdade, poderíamos trabalhar até um júri simulado com nossos alunos sobre esse tema (Professora Giovana, grifo nosso).

Além do *debate*, também se discutiu a respeito do uso da estratégia de ensino denominada *júri simulado*, a qual também pode ser utilizada no sentido de problematizar as nanotecnologias, permitindo que os estudantes participem discutindo a temática.

Portanto, considerou-se que houve algumas propostas que caminharam no sentido da abordagem problematizada das nanotecnologias. Este encaminhamento conferido pelos professores pode estar relacionado às orientações indicadas pela equipe da SEED-PR durante o debate. Considera-se fundamental tal encaminhamento para que a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio preze pelo desenvolvimento de uma ACT ampliada junto aos estudantes.

Ao final do debate *online*, os poucos comentários que explicitavam um receio em relação a esta inserção são aqueles em que os professores expressaram que precisam estudar mais para efetivamente *abordar* ou *trabalhar* a temática em sala de aula. Neste sentido, se não houver tempo nem

condições para que estes professores possam estudar posteriormente, as motivações podem ser abandonadas.

Em suma, por meio das análises do debate evidenciou-se que os professores de Química que se manifestaram durante o debate são favoráveis à inserção dos conhecimentos em nanotecnologias em suas aulas. No total, 11 professores, dentre os 28 participantes ativos do debate, já haviam inserido os conhecimentos em nanotecnologias em aulas de Química. Considerou-se significativo este resultado, pois evidencia que mesmo com pouco conhecimento, segundo os próprios professores, estes já inserem as nanotecnologias em suas aulas. Além disso, os docentes diferenciaram formas de inserções dos conhecimentos em nanotecnologias nas aulas de Química: a abordagem ou trabalho com a temática e também a menção ou comentários em relação às nanotecnologias.

Estas evidências foram importantes na elaboração de critérios de análise e elaboração da pesquisa, conforme será discutido posteriormente.

3.3 INSTRUMENTOS PARA PRODUÇÃO DE DADOS

O estudo principal desta dissertação ocorreu por meio de dois instrumentos de produção de dados: as entrevistas e a análise de livros didáticos, os quais serão apresentados a seguir.

3.3.1 Procedimentos de seleção e pré-análise de livros didáticos

Foram analisadas as coleções de livros didáticos de Biologia aprovados pelo PNLD 2015 e também um livro didático adotado na escola em que um dos professores colaboradores lecionava. Este material é o Livro

Didático Público elaborado e distribuído pela SEED-PR³⁹ (SEED-PARANÁ, 2006). Tal professor informou que no ano de 2014 não atuou naquela escola e que naquele ano não foram solicitados os livros do PNLD 2015. No entanto, ele afirma utilizar também as coleções aprovadas pelo referido programa para planejar suas aulas. Nas escolas em que os demais professores entrevistados atuavam, os livros didáticos adotados eram aqueles aprovados pelo PNLD 2015.

Foram avaliadas as nove coleções/obras aprovadas pelo PNLD 2015, sendo que cada coleção é composta por 3 volumes/livros didáticos e em cada volume há o livro do aluno e o manual do professor em um mesmo livro. Também foi analisado o Livro Didático Público produzido e distribuído pela SEED-PR que tem volume único e é direcionado tanto para os alunos quanto para os professores. Portanto, ao todo foram analisadas 10 coleções, reunindo ao todo 28 livros didáticos, sendo 27 livros dos alunos, 27 manuais de professor e um destinado a alunos e professores.

A maioria das coleções foi localizada e analisada em escolas de grande porte da cidade de Curitiba (PR). Pela dificuldade de obtenção do material impresso, uma das coleções foi analisada a partir de uma versão obtida na *internet*⁴⁰.

Inicialmente foi realizada uma pré-análise dos livros didáticos, a fim de identificar a presença ou a ausência da temática investigada. Para esta análise buscou-se pelos termos relativos às nanotecnologias nos títulos e subtítulos de cada página. Assim, não se analisou se estes termos estavam contidos ao longo do corpo do texto, devido ao grande volume de material. No QUADRO 2 constam as 10 coleções analisadas e as que abordam ou mencionam explicitamente termos relativos às nanotecnologias em títulos e subtítulos. Nesta dissertação faz-se referência as coleções por meio da numeração

³⁹ O Livro Didático Público foi produzido por professores da rede pública estadual do Paraná junto a SEED-PR e é direcionado a estudantes e professores do ensino médio. Há um volume para cada disciplina do Ensino Médio e estão disponíveis na *internet*.

⁴⁰ Disponível em: <<http://www.editoraajs.com.br/pnld2015/biologia/#/livros>>. Acesso em: 12/06/2015.

apresentada na primeira coluna do quadro a seguir. Esta numeração segue a ordem apresentada no Guia do Livro Didático do PNLD 2015 (BRASIL, 2014).

QUADRO 2 - RELAÇÃO DAS COLEÇÕES DE LIVROS DIDÁTICOS ANALISADAS

COLEÇÃO	TÍTULO	AUTORIA	EDITORA	TERMO RELATIVO ÀS NANOTECNOLOGIAS EM TÍTULOS E SUBTÍTULOS
LIVROS DIDÁTICOS PNLD 2015				
1	Bio	Sonia Lopes e Sergio Roso	Saraiva	Ausente
2	Biologia	Vivian Mendonça	AJS	Presente
3	Biologia	César Júnior, Sezar Sasson e Nelson Júnior	Saraiva	Ausente
4	Biologia em Contexto	José Amabis e Gilberto Martho	Moderna	Presente
5	Biologia Hoje	Sérgio Linhares e Fernando Gewandsnajder	Ática	Ausente
6	Biologia Unidade e Diversidade	José Favaretto	Saraiva	Presente
7	Conexões com a Biologia	Rita Bröckelmann	Moderna	Presente
8	Novas Bases da Biologia	Nélio Bizzo	Ática	Ausente
9	Ser Protagonista	Márcia Takeuchi e Tereza Osorio	SM	Ausente
LIVRO DIDÁTICO PÚBLICO				
10	Biologia Ensino Médio	Vários autores	SEED-PR	Ausente

FONTE: A autora (2016)

Todos os livros didáticos de Biologia dos PNLD 2015 analisados datam de 2013, já o Livro Didático Público da SEED-PR foi publicado em 2006.

A análise dos livros didáticos que abordaram e mencionaram as nanotecnologias foi realizada a partir de dois eixos, a saber: o espaço ocupado pela temática no livro didático e o conteúdo relativo às nanotecnologias trabalhado ou mencionado pelo material. Desta forma, objetivou-se compreender a construção do *saber a ensinar* relativo às nanotecnologias na perspectiva dos livros didáticos.

3.3.2 Estruturação e critérios para as entrevistas

Os critérios para seleção dos professores colaboradores da pesquisa foram: lecionar a disciplina de Biologia; atuar em escola da rede pública estadual de ensino e ter atuado no mínimo um ano no Ensino Médio. Não foi intenção entrevistar apenas professores que já abordavam ou já conheciam sobre as nanotecnologias, pois assim haveria a possibilidade de identificar distintos posicionamentos perante o ensino dos conhecimentos em nanotecnologias. Buscou-se por professores com formação inicial em diferentes instituições de formação, públicas e particulares, e com variados tempos de carreira docente.

Tendo em vista tais critérios, três meios de contatar os professores foram utilizados: envio de convites por meio de redes sociais aos colegas de profissão; solicitação aos colegas da graduação para que indicassem possíveis professores colaboradores e também se recorreu à coordenadora da escola em que a pesquisadora trabalhou para que ela indicasse um possível professor colaborador. Além disso, o professor que foi Supervisor da Prática de Docência realizada pela pesquisadora durante a Licenciatura foi convidado, pois ele participou da pesquisa de Trabalho de Conclusão do Curso, no qual se investigou a percepção de professores do Ensino Médio e do Ensino Técnico em relação às nanotecnologias (PAULINI-JESUS, ASINELLI-LUZ; FILIPAK-NETO, 2013). Neste caso específico, objetivou-se também compreender se e como estes antecedentes influenciaram de alguma forma a prática docente deste professor.

A elaboração das entrevistas foi baseada nos resultados do estudo exploratório e na revisão de literatura, apresentado no Capítulo IV. A entrevista foi estruturada em três eixos, a saber: (i) Seleção dos conteúdos escolares; (ii) Relação conteúdos – sociedade; (iii) Abordagem das nanotecnologia do Ensino Médio. Nos dois primeiros eixos objetivou-se compreender a visão dos professores em relação aos conteúdos trabalhados em aula. Caso o professor afirmasse não conhecer e/ou não inserir os conhecimentos em nanotecnologias

nas aulas passou-se a falar sobre o ensino da biotecnologia, por esta ser uma temática próxima às nanotecnologias, devido à existência da área das nanobiotecnologias.

A entrevista iniciou e finalizou com questões amplas e pouco diretivas: “Me conte sobre as suas experiências profissionais” e “Você gostaria de comentar algo a mais sobre o que conversamos?” com a intenção de inicialmente criar um clima menos formal e, posteriormente, oportunizar ao professor colaborador explicitar algo que não fora perguntado em relação às temáticas da entrevista.

Além disso, foi realizada uma entrevista preliminar para testar a estrutura da entrevista, o que levou à exclusão de algumas perguntas consideradas redundantes. Os dados gerados pela entrevista preliminar também foram analisadas nesta pesquisa, pois não foi introduzida nenhuma nova questão à entrevista definitiva e, neste sentido, se manteve o critério científico de *fidelidade*.

Em relação à ética na pesquisa, há “duas questões [que] dominam o panorama recente no campo da ética relativa à investigação com sujeitos humanos; o consentimento informado e a proteção dos sujeitos contra qualquer espécie de danos” (BOGDAN; BICKLEN, 1991, p. 75). Neste sentido, o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) - (APÊNDICE 2) - foi lido juntamente com os professores colaboradores da pesquisa e também foram elaborados nomes fictícios para os professores colaboradores, de acordo com o que eles mesmos apontaram no TCLE.

Foram realizadas cinco entrevistas ao todo, sendo que cada uma foi desenvolvida em três fases:

(1) leitura do TCLE: Iniciou-se com a leitura do TCLE para que o professor conhecesse melhor e fosse informado de seus direitos e deveres ao aceitar colaborar com a pesquisa, ficando uma cópia assinada com o professor colaborador e outra cópia com a pesquisadora. Optou-se por incluir, no referido Termo, alternativas para que os colaboradores pudessem escolher a sua própria identificação ou o anonimato nas publicações da pesquisa,

considerando que há relatos de que colaboradores gostariam de ser identificados em outras pesquisas (GARCIA, 2014).

(2) preenchimento da Ficha de dados pessoais (APÊNDICE 3): Em seguida procedeu-se com o preenchimento da Ficha de Dados Pessoais. A Ficha tem o objetivo de produzir dados para auxiliar na construção do perfil do professor colaborador da pesquisa, por isso se questiona sobre a formação e experiências profissionais, bem como sobre a frequência de uso de recursos e estratégias empregados em suas aulas.

(3) realização da entrevista (APÊNDICE 4). As entrevistas foram realizadas em horários e datas escolhidos pelos professores, nas escolas em que cada um atuava e foi gravada em áudio. A entrevista preliminar durou cerca de 55 minutos e as demais duraram de 32 a 45 minutos. Na transcrição, as falas dos professores foram numeradas na ordem em que foram produzidas.

Os trechos das entrevistas que constituem as evidências das interpretações realizadas nas análises serão apresentados com o seguinte código: Nome fictício do professor (numeração atribuída na transcrição). Assim, por exemplo, “professora Heloísa (34)” significa que o trecho corresponde à 34ª fala da referida docente durante a entrevista. A indicação dessa numeração facilitou a retomada dos trechos evidenciados durante a análise.

CAPÍTULO IV. TENDÊNCIAS NA CONSTITUIÇÃO DO CONHECIMENTO ESCOLAR EM NANOTECNOLOGIAS NA LITERATURA

Neste capítulo apresentam-se os resultados das análises das publicações relativas à inserção dos conhecimentos em nanotecnologias em vários níveis de ensino, focando no Ensino Médio e na disciplina de Biologia, oriundos e destinados ao cenário brasileiro.

4.1 UM PANORAMA DA INSERÇÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO BÁSICA E NO ENSINO SUPERIOR

A revisão não foi concentrada somente em relação às nanotecnologias no ensino de Biologia por dois principais motivos: a carência de trabalhos nesta disciplina e a escassez de revisões bibliográficas sobre ensino das nanotecnologias (apenas 3 trabalhos de revisões sobre o ensino das nanotecnologias foram identificados).

Dentre os três trabalhos de revisão, Siqueira Batista *et al.*, (2010) tiveram como objetivo propor eixos temáticos, a partir de uma revisão bibliográfica, para a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no ensino de Ciências. Tal revisão foi desenvolvida na *Scientific Eletronic Library Online* (Scielo) e na *U. S. National Library of Medicine* (PubMed) buscando pelos termos “nanotecnologia” e “nanotechnology + education”, respectivamente, bem como em livros não especificados pelos autores. Os autores basearam-se no enfoque *ciência, tecnologia, sociedade e ambiente* (CTSA) para agrupar os 281 trabalhos identificados na revisão. Os grupos propostos pelos autores foram: i) nanotecnologia e nanomateriais; ii) nanobiotecnologia e saúde; iii) nanotecnologia e meio ambiente e iv) nanotecnologia, ética e política. Não se identificou que os autores discutem como tais eixos podem ser implementados no ensino de Ciências, nem os níveis de ensino mais adequados aos eixos temáticos propostos.

Pereira, Honório e Sannomiya (2010) por sua vez realizaram um levantamento de ferramentas educacionais para o Ensino Fundamental relacionadas às nanotecnologias. Tal levantamento foi realizado por meio da *internet* sem especificar o(s) *site(s)* utilizado(s) para tal, nem as palavras-chave buscadas ou o número de ferramentas encontradas. Os autores destacam duas propostas nacionais: uma desenvolvida pela Universidade Estadual de Campinas intitulada *NanoAventura*, que consiste em uma exposição com jogos interativos e o outro material é um quebra-cabeça virtual sobre nanotecnologias elaborado pelo Centro Multidisciplinar de Desenvolvimento de Materiais Cerâmicos, também localizado em São Paulo. Outros materiais e projetos internacionais são identificados e vinculados à Alemanha, Califórnia, Japão, Londres, Reino Unido e Tailândia.

Finalmente, no terceiro trabalho de revisão identificado, Silva e Lopes (2014, s.p.) realizaram uma revisão bibliográfica com o objetivo de “investigar quais os apontamentos para o ensino de Química e Ciências” em trabalhos que discutiam o ensino das nanotecnologias. Tal revisão foi feita nos periódicos *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências* (RBPEC) e *Química Nova Escola* (QNEsc), com as palavras-chave “nanociência e nanotecnologia”, resultando em nove trabalhos. Entre as cinco publicações na RBPEC, nenhuma tinha as nanotecnologias como *temática central*, segundo os autores, portanto, interpreta-se que o ensino de tal tecnologia não foi discutida pelas publicações consideradas. Já entre as quatro publicações da QNEsc, duas tinham caráter teórico e de divulgação, uma propôs a utilização de experimentos e a última realizou um levantamento bibliográfico de materiais didáticos - o mesmo trabalho apresentado no parágrafo anterior (PEREIRA; HONÓRIO; SANNOMIYA, 2010). Os autores concluem que a “temática vem sendo pouco abordada nos periódicos analisados” (SILVA; LOPES, 2014, s. p.)

Por meio destas pesquisas evidenciou-se que há poucos trabalhos de revisão de literatura, propostas de materiais didáticos ou de pesquisa em relação à inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na Educação Básica e Superior. Além disso, poucos são relacionados à Biologia: apenas o

eixo “nanobiotecnologia e saúde” sugerido por Siqueira Batista *et al.*, (2010) para o desenvolvimento de atividades na perspectiva CTSA.

Então, uma revisão de literatura foi implementada devido à escassez de revisões sobre a temática e com o objetivo de compreender as tendências e perspectivas para a constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias e como vem ocorrendo a inserção da temática em vários níveis de ensino.

Tais tendências foram baseadas em uma revisão de literatura realizada por meio da ferramenta de busca interdisciplinar *Google Acadêmico*. Tal ferramenta dispõe de “artigos revisados por especialistas, teses, livros, resumos e artigos de editoras acadêmicas, organizações profissionais, bibliotecas de pré-publicações, universidades e outras entidades acadêmicas” (GOOGLE, 2011). Optou-se por esta ferramenta devido à diversidade de documentos disponibilizados e também por ser interdisciplinar, caráter também presente nas nanotecnologias.

Também foram realizadas revisões em atas de eventos científicos da área de ensino de Ciências da Natureza: Atas do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC); Encontro Nacional de Ensino de Química (ENEQ); Encontro de Pesquisa em Ensino de Física (EPEF) e Encontro Nacional de Ensino de Biologia (ENEBIO)⁴¹ e no Portal de Periódicos da CAPES/MEC. No entanto, a busca implementada no Google Acadêmico se mostrou mais abrangente e por isso optou-se por esta ferramenta. Os trabalhos encontrados nas atas dos eventos e no Portal da CAPES/MEC foram contemplados pela ferramenta adotada.

As palavras-chave utilizadas foram “nanotecnologia and ‘ensino médio’”, as quais constituem o foco ampliado da pesquisa. Tal busca foi realizada em fevereiro de 2015 e resultou em uma coleção de 879 documentos.

Neste conjunto de documentos, a maioria dos trabalhos não investigava o ensino das nanotecnologias. Quase metade (45%) era de

⁴¹ Não se teve acesso a todas as atas e, nesse sentido, foram analisadas as atas das seguintes edições dos eventos: I ao IX ENPEC; X ao XVI ENEQ; IV ao XV EPEF; I, IV e V ENEBIO.

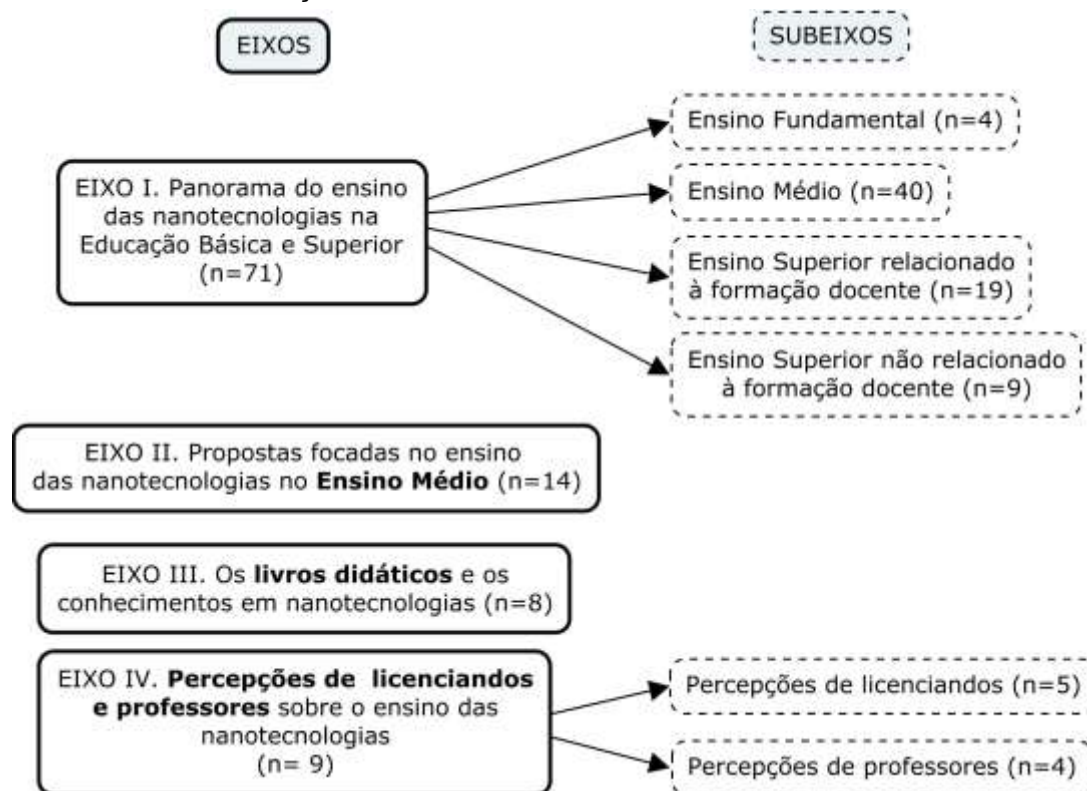
publicações relacionadas somente à Educação e não às nanotecnologias, neste sentido, o termo *nanotecnologia* era apenas mencionado como um tema atual ou como um exemplo de tecnologia contemporânea. Havia publicações (26%) que relacionavam as nanotecnologias às áreas de administração, direito, inovações, política, economia etc. e que por algum motivo periférico mencionam o termo *Ensino Médio*. Também se identificaram textos de divulgação científica (3%) que intencionavam a popularização das nanotecnologias e notícias divulgadas pela mídia. Vários trabalhos indicados pela ferramenta estavam indisponíveis *online* (4%), e não puderam ser encontrados, ou foram indicados mais de uma vez (11%), pois esta confere títulos diferentes ao mesmo documento.

Apesar da variedade de documentos ofertados pelo *Google Acadêmico* e do fácil acesso aos trabalhos *online*, alguns problemas dificultaram a pesquisa, tais como: documentos repetidos; informações básicas equivocadas (título, autoria e data); citação incompleta de documentos e trabalhos indisponíveis *online*. Se por um lado, a quantidade de documentos nestas condições é significativa e torna mais trabalhoso o uso desta ferramenta, pois esta é pouco eficiente na seleção dos documentos, por outro lado ela possibilitou identificar uma diversidade de meios de publicações científicas e não científicas de distintas áreas de conhecimento relacionadas às nanotecnologias.

Dentre as 879 publicações indicadas pela ferramenta de busca, apenas 100 tratavam do ensino das nanotecnologias (11%). Dentre estas publicações, há trabalhos envolvendo a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na Educação Profissional de Jovens e Adultos (PROEJA) (PAMPLONA *et al.*, 2009; REIS; LINHARES, 2010; SEPÚLVIDA *et al.*, 2008) e também em Museus de Ciências (GUSMÃO, 2011; LOZADA; ARAÚJO; GUZZO, 2006; MOREIRA, 2013; SILVA A. C., 2013). Entretanto, tais publicações não foram consideradas nos eixos de análise, por não constituírem o foco da pesquisa. Assim, excluindo estes sete trabalhos, resultam 93 que foram alocados em quatro eixos, esquematizados na FIGURA 5. Tais eixos representam as perspectivas estudadas em relação ao ensino das nanotecnologias. O eixo I visa apresentar

um panorama do ensino das nanotecnologias na Educação Básica e Superior. No eixo II discutiram-se as propostas de ensino focadas na inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio. Já no eixo III as pesquisas que investigam a presença e composição dos conhecimentos em nanotecnologias nos livros didáticos são apresentadas. Por fim, o eixo IV traz as percepções de professores e licenciandos sobre tal inserção.

FIGURA 5 - ESQUEMA DOS EIXOS E SUBEIXOS E RESPECTIVOS NÚMEROS DE PUBLICAÇÕES IDENTIFICADAS NA REVISÃO DE LITERATURA



FONTE: A autora (2016).

A soma do número de trabalhos indicados da FIGURA 5 somam 102 porque há 9 trabalhos que foram alocados em mais de um eixo ou subeixo. Por exemplo, um mesmo trabalho foi incluso tanto no eixo 1, por sugerir propostas para o Ensino Médio desenvolvidas por licenciandos, quanto no eixo 2, pois relata a inserção da temática investigada em aulas do curso de Licenciatura.

As publicações que envolvem o Ensino Médio aparecem tanto no eixo I quanto do eixo II porque somente em relação a este nível diferenciou-se os trabalhos que descreveram como as propostas de ensino das nanotecnologias foram desenvolvidas em sala de aula, daqueles que apenas citaram que os

conhecimentos em nanotecnologias foram inseridos no Ensino Médio. Assim, no eixo I são apresentados os trabalhos que apenas mencionam tal inserção e no eixo II discutem-se aqueles em que há a descrição de propostas para inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio. A seguir os trabalhos encontrados nos dois primeiros eixos e seus subeixos serão apresentados. Os eixos III e IV serão apresentados no capítulo V, nas seções intituladas *estudos anteriores*.

4.1.1 EIXO I: Panorama do ensino das nanotecnologias na Educação Básica e no Ensino Superior

Para a contabilização dos trabalhos analisados no Eixo I, foi considerado o nível de ensino em que a proposta foi desenvolvida ou o nível sugerido pela publicação.

Neste eixo, não apenas publicações em revistas e eventos científicos, monografias e dissertações foram consideradas, mas também documentos institucionais de escolas e universidades que explicitavam a intenção ou a real inserção dos conhecimentos em nanotecnologias em diferentes níveis de ensino.

A seguir discutem-se os trabalhos em cada um dos subeixos, por níveis de ensino: Ensino Fundamental; Ensino Médio; Ensino Superior relacionado à Formação de Professores e Ensino Superior não relacionado à Formação de Professores.

4.1.1.1 Ensino Fundamental

Foram encontrados quatro trabalhos relacionados ao Ensino Fundamental: um documento institucional que menciona as nanotecnologias como uma temática presente no Ensino Fundamental e também três trabalhos

que discutem materiais didáticos ou propostas de ensino que podem ser utilizados tanto no Ensino Fundamental quanto no Ensino Médio e que não serão apresentados na seção posterior sobre o Ensino Médio.

O estudo de *noções de nanotecnologia* consta no Plano Político Pedagógico (PPP) do *Centro de Ensino Fundamental 213* (CENTRO DE ENSINO FUNDAMENTAL 213, 2014). Tal estudo foi indicado para 9ª ano do Ensino Fundamental, na disciplina de Ciências da Natureza, como um dos tópicos da unidade sobre *propriedades específicas da matéria e suas aplicações*. A escola pertence à rede pública de ensino e está localizada em Santa Maria, Distrito Federal. Encontrar as nanotecnologias em um PPP é um indício da preocupação em incluir tal temática no planejamento curricular da escola já no Ensino Fundamental.

O trabalho intitulado “Nanotecnologia: Desenvolvimento de Materiais Didáticos para uma Abordagem no Ensino Fundamental” é uma revisão, já apresentada anteriormente, que teve por objetivo “fornecer ferramentas educacionais para professores do ensino fundamental e médio” (PEREIRA, HONÓRIO; SANNOMIYA, 2010, p. 73). Os autores apontam vários materiais didáticos nacionais e internacionais e defendem que é necessário elaborar mais materiais didáticos brasileiros. Neste sentido, Pereira, Honório e Sannomiya (2010) propõem o uso de “imagens de estruturas químicas tridimensionais” a fim de:

Introduzir conceitos fundamentais sobre nanotecnologia e suas aplicações no cotidiano desses alunos, bem como sobre alguns conceitos químicos básicos (átomos, moléculas e propriedades dos materiais etc.) (PEREIRA; HONÓRIO; SANNOMIYA, 2010, p. 76).

Além disso, os autores relatam que os licenciandos do curso de Ciências da Natureza da Universidade de São Paulo (USP), na disciplina de *Materiais, micro e nanotecnologia* também elaboraram propostas para o Ensino Fundamental, as quais indicam o uso de música, quebra-cabeças e a produção de origamis em forma de fulerenos⁴² com o intuito de que os alunos “mimetizariam a construção de nanomateriais, empregando a arte em papel

⁴² Fulerenos são uma “classe de nanomoléculas esféricas estáveis formadas exclusivamente por átomos de carbono” (SANTOS et al., 2010)

(origami) para entender a nanotecnologia e suas aplicabilidades.” (PEREIRA; HONÓRIO; SANNOMIYA, 2010, p. 76).

Ellwanger, Fagan e Mota (2009) elaboraram uma proposta que seria implementada tanto no Ensino Fundamental quanto no Médio e nela sugerem que os conhecimentos em nanotecnologias podem ser associados aos conteúdos de “escalas, área superficial, volume, magnetismo, eletricidade, etc.” e que podem ser trabalhados a partir de “conceitos geométricos e consequências físicas” (ELLWANGER; FAGAN; MOTA, 2009, s. p.). O trabalho traz várias ilustrações e tabelas e propõe atividades como, por exemplo, o cálculo da variação da área superficial e do volume de estruturas.

Por fim, outra publicação, que cita uma proposta de ensino também não implementada, sugere duas atividades supostamente intituladas *Partindo de macro, micro e chegando à nanoestruturas* - na qual se discute as dimensões de estruturas – e *Efeitos da área superficial em nanoestruturas* – atividade em que se mensura a variação da área superficial (ZANELLA *et al*, 2009, p. 5-6). As autoras justificam que as atividades sugeridas podem ser aplicadas tanto no Ensino Fundamental quanto no Médio porque *não envolvem conceitos e nem álgebra sofisticados* (p. 8-9).

Em síntese, em relação ao Ensino Fundamental, os trabalhos encontrados apresentam propostas e materiais didáticos, mas não mencionam efetivamente o desenvolvimento de aulas envolvendo os conhecimentos em nanotecnologias. Identificaram-se propostas que visam tanto o Ensino Fundamental quanto o Médio, sem manifestar distinção de conteúdos relativos a cada nível ou aprofundamentos diferenciados. Propostas destinadas especificamente ao Ensino Fundamental em Ciências não foram evidenciadas.

4.1.1.2 Ensino Médio

Nesta seção discutem-se os 40 trabalhos que relataram ou sugeriram de forma não detalhada a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio. Dentre estas publicações, foram analisados dois documentos curriculares oficiais, bem como as publicações que envolviam o ensino de Biologia. As publicações relacionadas a outras disciplinas escolares serão citadas após a análise dos documentos oficiais.

No documento curricular oficial intitulado *Orientações Curriculares para o Ensino Médio* (OCEM), publicado em 2006, consta o termo *nanotecnologia* em dois trechos, os quais pertencem às seções destinadas às discussões das disciplinas Física e Química (BRASIL, 2006a).

No primeiro trecho, localizado na seção intitulada *A Física no Ensino Médio*, a nanotecnologia aparece como exemplo de tema *relevante e atual e isso justifica a atenção que este tema merece* no ensino.

Temas relevantes e atuais merecem atenção, como a nanotecnologia, além de outros de forte relação com aspectos sociais, como as contribuições da Física nas questões ambientais. (BRASIL, 2006, p. 56).

Já o segundo trecho consta na seção *A abordagem metodológica no ensino da Química* e afirma que além dos dois temas gerais propostos pelos PCN+ também sejam considerados outros temas contextuais.

Embora existam temas gerais já propostos, a exemplo dos PCN+ (Química e biosfera, Química e atmosfera, Química e hidrosfera e Química e litosfera), recomenda-se que eles sejam selecionados de acordo com as condições e os interesses dos sujeitos no âmbito da comunidade escolar. Os temas contextuais organizadores do currículo da escola podem ser identificados a partir de uma diversidade de temas locais ou globais, espaços esses que constituem dimensões sempre presentes e impossíveis de serem esgotadas ou isoladas em si mesmas. Pode-se trabalhar, por exemplo, a partir de temas como poluição, recursos energéticos, saúde, cosméticos, plásticos, metais, lixo, química agrícola, energia nuclear, petróleo, alimentos, medicamentos, agrotóxicos, águas, atmosfera, solos, vidros, cerâmicas, nanotecnologia, entre tantos outros temas abordados, também, em livros paradidáticos, orientados para o ensino médio. (BRASIL, 2006a, p. 122, grifo nosso).

Portanto, as nanotecnologias apareceram como um exemplo de tema *contextual* que pode ser selecionado para integrar o currículo da disciplina de Química conforme as *condições e interesses da comunidade escolar*.

O segundo documento oficial em que as nanotecnologias são consideradas são as *Diretrizes Curriculares Nacionais para a Educação Básica* (DCNEB), publicadas em 2013. Na seção intitulada *Organização curricular: conceito, limites, possibilidades* tal documento sugere que as nanotecnologias fazem parte dos *processos e inovações* que *afetam* as pessoas e que não pode-se *ignorar* que ela faz parte da vida das pessoas:

O conhecimento científico e as novas tecnologias constituem-se, cada vez mais, condição para que a pessoa saiba se posicionar frente a processos e inovações que a afetam. Não se pode, pois, ignorar que se vive: o avanço do uso da energia nuclear; da nanotecnologia⁹; a conquista da produção de alimentos geneticamente modificados; a clonagem biológica. (BRASIL, 2013, p. 26, grifo nosso)

Neste sentido, as DCNEB consideram que estamos imersos não somente no avanço, mas também no uso das nanotecnologias, ou seja, é uma tecnologia presente no cotidiano das pessoas. A justificativa para a inserção da temática, explicitada pelas DCNEB no trecho anterior, é a de que conhecer a nanotecnologia possibilita aos indivíduos posicionarem-se perante os *processos e inovações* que os *afetam*.

Conforme se pode notar no trecho das DCNEB apresentado anteriormente, os autores colocam uma nota de rodapé para explicitar o significado do termo *nanotecnologia*, talvez por considerarem que o termo seria desconhecido pelo público-alvo do documento. Segundo esta nota de rodapé:

⁹ A nanotecnologia é o ramo da ciência que trata de equipamentos minúsculos para aumentar a capacidade de armazenamento e processamento de dados dos computadores, medicamentos mais seguros aos pacientes, materiais mais leves e mais resistentes do que metais e plásticos, economia de energia, proteção ao meio ambiente, menor uso de matérias primas escassas e várias inovações que ainda não foram sequer imaginadas. (BRASIL, 2013, p. 26)

Nesta nota de rodapé as nanotecnologias são descritas em uma linguagem imprecisa como “um ramo da ciência” que “trata de equipamentos minúsculos”, sem mencionar a escala nanométrica. O trecho apresenta a

temática discutida numa perspectiva do salvacionismo, em que além das inovações citadas muitas outras “ainda não foram sequer imaginadas”. O tratamento conferido à temática neste documento remete àquele que é dado ao assunto em meios de comunicação, conforme relatam Körbes (2013) e Novo (2013).

Retomando a justificativa apresentada pelas DCNEB de que “o conhecimento científico e as novas tecnologias constituem-se, cada vez mais, condição para que a pessoa saiba se posicionar frente a processos e inovações que a afetam” (BRASIL, 2013, p. 26) interpretou-se que a definição de nanotecnologias apresentada parece encaminhar para um único posicionamento perante a temática: a absoluta aceitabilidade em relação ao desenvolvimento desta tecnologia, pois o documento não problematiza ou menciona os potenciais riscos associadas às nanotecnologias. Neste sentido, seria construído junto ao estudante o mito do salvacionismo das nanotecnologias e uma visão pouco adequada do desenvolvimento científico e tecnológico na perspectiva da alfabetização científica ampliada.

Em relação às demais publicações, a primeira que indicou o ensino das nanotecnologias junto aos estudantes do Ensino Médio, segundo os critérios da revisão de literatura, data de 2005 (SILVA *et al.*, 2005). Tal trabalho relata o desenvolvimento de um curso de História da Ciência e Tecnologia por meio de filmes, no qual um destes - *Matrix* de 1999 - trata também das nanotecnologias, segundo os autores.

A identificação das a(s) disciplina(s) envolvida(s) em tais publicações não foi um processo simples porque algumas publicações propõem o estudo das nanotecnologias trabalhando seus conceitos, aplicações, aumento da relação área/superfície das nanopartículas, propriedades diferenciadas dos materiais etc. Estas características das nanotecnologias são interdisciplinares, o que dificultou a identificação da(s) disciplina(s) associada(s) à temática.

No entanto, a leitura do título, palavras-chave, resumo e formação dos autores possibilitou identificar que majoritariamente os trabalhos relacionam os conhecimentos em nanotecnologias à Física (n=16) (SILVA *et al.*, 2005;

SONZA, 2007; ORECI et al., 2008; SPOHR, 2008; MENEGAT; FAGAN, 2009; SORPRESO; ALMEIDA, 2010; GROCH, 2011; LOCH, 2011; MELO, 2011; SILVA; BARROS; LABURÚ, 2011; TENFEN, 2011; GRIEBELER, 2012; SILVA, C. P, 2013; MILHOMEM et al., 2013; NICOLAU et al., 2013; TIRONI et al., 2013). Cerca de um terço destes trabalhos menciona as nanotecnologias como uma temática da Física Moderna e Contemporânea (FMC). Além desses, muitos trabalhos envolviam os conteúdos da disciplina de Química (n=13) (MENDES; SANTOS, 2007; AZEVEDO; ALMEIDA-JÚNIOR; CÂMARA, 2012; BARROS et al., 2012; BERTOLDO et al., 2012; LEMOS et al., 2012; LOPES et al., 2012; MENDES; SANTOS, 2012; RAMOS; TAKAHASHI; KAGIMURA, 2012; WEBER et al., 2012; CARDIM, 2013; GOMES; CÂMARA, 2013; ROSSI, 2013). Tais trabalhos indicam geralmente o desenvolvimento de aulas, palestras, cursos e propostas de ensino muitas vezes sugeridas por estudantes de Licenciatura e do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação a Docência (PIBID).

Em menor número, também há trabalhos relacionados à Biologia (n=2) (PEREIRA, 2009; BRASILEIRO; 2012), à Matemática (n=1) (KOPPE, 2006), à Geografia (n=1) (GIROTTI; SANTOS, 2011) e à Língua Portuguesa (n=1) (JANOSTIAC, 2013) que apontam atividades que envolvem também conhecimentos em nanotecnologias. Além disso, há trabalhos explicitamente interdisciplinares (n=3) (BISPO; MATHIAS; AMARAL, 2012; KRUGER, 2012; PELLEGRIN, 2014) e em um deles não se identificou em qual disciplina a temática investigada foi inserida⁴³ (n=1) (CÂMARA, 2013).

A seguir serão analisados trabalhos que discutem propostas relacionadas à Biologia e também trabalhos interdisciplinares que contemplam a Biologia.

Dentre os dois trabalhos relacionados à Biologia, Brasileiro (2012), em sua monografia, discorre sobre suas experiências em sala de aula durante o Estágio Supervisionado. A autora descreveu várias atividades e dentre estas

⁴³ Câmara (2013) afirma que a nanotecnologia aparece no currículo de uma escola de Teresina (PI), da rede particular de ensino. No entanto, tal relato não explicita qual ou quais a(s) disciplina(s) envolvidas com o estudo da nanotecnologia.

uma aula em que o objetivo foi “compreender a origem, a evolução do Diabetes e como a Nanotecnologia está envolvida na “cura” dessa doença” (p. 38). Nesta aula foi utilizado um texto veiculado na revista *Ciência Hoje* e intitulado *Nanotecnologia em prol do diabético*⁴⁴, sendo que o uso desta revista foi uma exigência do professor Supervisor de Estágio Supervisionado do curso de Ciências Biológicas na Universidade Estadual da Paraíba. O uso dessa revista permitiu, segundo a autora, a contextualização dos conceitos sobre o sistema endócrino trabalhados na aula anterior. Não se identificou no trabalho a descrição de como ocorreu esta aula, nem se e como as nanotecnologias foram trabalhadas. No entanto, interpretou-se que em tal aula os conhecimentos em nanotecnologias foram inseridos como um exemplo de tecnologia que pode ser utilizada para o tratamento da diabetes.

No segundo trabalho, Pereira (2009) apresenta, em sua dissertação, sugestões de ensino das nanotecnologias relacionado à citologia no Ensino Médio. O objetivo geral desta pesquisa foi "identificar contribuições da nanotecnologia ao estudo de citologia, sob a ótica de uma turma de licenciandos em Ciências Biológicas, no contexto de uma unidade de aprendizagem" (PEREIRA, 2009, p. 19).

A relação entre os conhecimentos em nanotecnologias e a citologia não foi estabelecida pelos licenciandos, mas foi requisitada pela pesquisadora para elaboração das propostas de ensino. A autora justificou que esta relação pode auxiliar na aprendizagem da temática *células* considerada “extensa e chata” por estudantes (PEREIRA, 2009, p. 17).

A autora revelou que entre as concepções prévias dos licenciandos alguns consideraram as nanotecnologias como um tema *complexo* e que por isso seria *praticamente impossível* abordá-la em aula conforme as experiências que estavam tendo durante o estágio que desenvolviam (PEREIRA, 2009, p. 61). Assim, a pesquisadora trabalhou os conhecimentos em nanotecnologias com os licenciandos, principalmente por meio de um documentário sobre a temática, e posteriormente solicitou aos grupos que elaborassem

⁴⁴ Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2011/04/nanotecnologia-em-prol-do-diabetico>>. Acesso em: 17/06/2015.

apresentações sobre os quatro temas: histórico das nanotecnologias; aplicações; riscos e benefícios; meio ambiente e saúde. Durante o planejamento destas apresentações surgiu a ideia de que todos os grupos deveriam desenvolver também propostas de ensino das nanotecnologias associadas ao conteúdo de citologia. A autora não explicita se tal demanda surgiu dos alunos, da pesquisadora ou da professora da disciplina.

As propostas de ensino elaboradas pelos grupos envolviam teatro sobre as “preocupações e utilizações da nanotecnologia”, produção de quebra-cabeça com imagens de estruturas celulares em nanoescala, a produção de modelos em papel das nanotecnologias capazes de evitar doenças por meio da reparação de erros durante a síntese proteica e também a elaboração de textos e vídeos sobre nanomedicina (PEREIRA, 2009).

A autora conclui que “incluída ao conteúdo de citologia [...] a nanotecnologia contribuiu não somente à percepção de que realidade e conteúdos curriculares podem andar juntos, mas trouxe mudanças nas concepções de licenciandos” (PEREIRA, 2009, p. 88- 89). Interpretou-se, então, que os conhecimentos em nanotecnologias inseridos na disciplina de Biologia possibilitaram que o conteúdo sobre células pudesse ser aproximado ao cotidiano dos estudantes do Ensino Médio, os quais poderiam ser trabalhados por meio de várias estratégias, segundo os licenciandos.

Portanto, os trabalhos sobre o ensino das nanotecnologias na Biologia associaram estas tecnologias o estudo do sistema endócrino – proposta implementada por meio de um texto de divulgação científica – e da citologia – sugestões com uso de vários recursos e estratégias.

Quanto aos três trabalhos que afirmam trabalhar de forma interdisciplinar, Pellegrin (2014) ao investigar a contextualização no ENEM 2009, na área de Ciências da Natureza, apresenta uma questão que trabalha não somente com as aplicações das nanotecnologias, mas também com as características das nanopartículas. Além disso, a questão menciona o desenvolvimento industrial de produtos “cosméticos, tintas e tecidos” e de

“terapias contra o câncer” baseadas em nanotecnologias, temáticas que podem ser relacionadas à Biologia escolar.

O segundo trabalho relata propostas de projetos interdisciplinares de ensino elaborados por licenciandos de um curso de Ciências Biológicas de uma instituição privada de ensino. Dentre os quatro projetos descritos, os estudantes que elaboraram o projeto “Microcosmo e Macrocosmo: explorando fronteiras” sugerem atividades envolvendo a nanotecnologia e o envolvimento de professores da Biologia, Química, Geografia, Língua Portuguesa, Educação Artística, Matemática e Informática. No entanto, as atividades propostas para o professor de Biologia não envolvem explicitamente os conhecimentos em nanotecnologias, mas o “estudo do microcosmo com apresentação de documentários” (BISPO; MATHIAS; AMARAL, 2012, p. 462). Não foram identificadas as relações estabelecidas entre as nanotecnologias e o ensino de Biologia, nem quais documentários foram sugeridos.

O terceiro trabalho é oriundo do PIBID Interdisciplinar da Universidade Federal de Pelotas (RS), em que participam alunos de licenciaturas em Biologia, Física, Química e Matemática. Tal grupo elaborou e implementou o subprojeto *tecnologia digital*, dentro do projeto *tecnologia do cotidiano*, no qual os conteúdos conceituais trabalhados foram:

resíduos, meio ambiente, saúde (fisiologia humana), estatística (gráficos e porcentagem), nanociência e nanotecnologia, modelos atômicos, softwares e educação (programas educativos tais como queda livre, bioquímica celular, etc) (KRUGER, 2012, p. 10).

Não foi possível identificar se os conhecimentos em nanotecnologias foram trabalhados articulados às temáticas do ensino de Biologia citadas no trecho anterior.

Portanto, por meio dos três trabalhos interdisciplinares, não foram evidenciadas relações explícitas entre os conhecimentos em nanotecnologias e o ensino da Biologia.

Em síntese, a análise das publicações que mencionam a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio aponta que há mais trabalhos nas disciplinas de Física e Química, se comparada à Biologia, mas também há propostas para as disciplinas de Matemática, Geografia e Língua Portuguesa, evidenciando a interdisciplinaridade da temática investigada. Na Biologia escolar foram encontradas apenas duas publicações que relataram propostas elaboradas por licenciandos, nas quais apenas uma foi desenvolvida no Ensino Médio, no âmbito do Estágio Supervisionado. Tal evidência aponta a carência de pesquisas e de relatos do ensino das nanotecnologias na disciplina de Biologia como um *saber ensinado*. No entanto há várias propostas para outras disciplinas do Ensino Médio, principalmente Física e Química, o que pode indicar a Seleção Cultural da temática *nanotecnologias* como um *saber a ensinar* nestas disciplinas.

4.1.1.3 Ensino Superior relacionado à formação docente

Analisaram-se as publicações que declararam desenvolver trabalhos de formação inicial e continuada de professores porque esta pesquisa de mestrado também investiga o posicionamento dos docentes acerca do ensino das nanotecnologias. Portanto, conhecer cursos de formação docente que abordam a temática investigada pode indicar o quanto esta temática está sendo discutida na formação dos professores.

Identificou-se 19 publicações que declararam inserir de alguma forma os conhecimentos em nanotecnologias em cursos de formação inicial e continuada de professores de Biologia, Ciências, Ciências Exatas, Física e Química, bem como em Mestrados e em Especializações. Inicialmente foram discutidos os 13 trabalhos da formação inicial e os seis da formação continuada. Um dos trabalhos afirmou ter trabalhado a temática estudada com licenciandos e também com professores da Educação Básica e, portanto, será analisado em ambas as formações.

Em relação à **formação inicial** em Ciências Biológicas, três trabalhos e um documento institucional universitário foram analisados. No entanto, duas destas publicações relataram a mesma atividade, por isso serão analisadas em conjunto, e, além disso, os ensinamentos de nanotecnologias relatados pelos três trabalhos já foram apresentados anteriormente nesta revisão.

O trabalho desenvolvido por Pereira, Basso e Borges (2008) faz parte da pesquisa descrita na dissertação de Pereira (2009), portanto, considerou-se como um relato de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na Licenciatura em Ciências Biológicas. Pereira, Basso e Borges (2008) descrevem a atividade de exibição do documentário da *Discovery Channel* intitulado *Viagem Fantástica pelo Corpo Humano* junto aos licenciandos. Em Pereira (2009) além desta, outras atividades são discutidas. Tais atividades foram desenvolvidas nas aulas de *Metodologia e Prática de Ensino de Ciências* de um curso de Licenciatura e foram descritos na seção anterior sobre o Ensino Médio. Nesta seção também foi apresentado o terceiro trabalho relacionado à formação inicial, desenvolvido por Brasileiro (2012) no âmbito da Prática de Docência de um curso de Licenciatura.

O curso de Licenciatura em Biologia da Universidade Federal de Tocantins, Campus de Araguaína, possui desde 2012 uma disciplina obrigatória intitulada *Seminários Interdisciplinares III (nanociência e nanotecnologia)*, segundo uma *Resolução do Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão* desta Universidade. Tal disciplina tem o objetivo de

Introduzir o estudante de graduação à ciência e ética da nanotecnologia, mostrar o estado atual de desenvolvimento de forma abrangente, as dificuldades e as possibilidades deste ramo de pesquisa, discutir e incentivar trabalhos relacionados e mostrar experiências de aplicações práticas de sucesso neste setor (UFT, 2012, s. p.).

Ressalta-se a identificação de um curso de formação inicial de professores de Biologia em que há uma disciplina obrigatória sobre nanotecnologias, com carga horária de 15 horas no terceiro período do curso. O mesmo documento aponta que também há uma disciplina intitulada “Seminários Interdisciplinares II - Biotecnologia e processos emergentes,

Biodiversidade”, o que revela a preocupação do curso em incluir temáticas contemporâneas na formação inicial de professores.

Quanto às demais Licenciaturas, identificou-se o ensino das nanotecnologias nos cursos de Licenciatura: em Física, em uma disciplina (LIMA; ALMEIDA, 2012; LIMA, 2014) e em minicursos (MARQUES-FILHO, 2011^a; MARQUES-FILHO et al., 2011b; SILVA I.I., 2011; SILVA M.P., 2011; RAMOS; BENETTI; SARTORI, 2011); em Ciências Exatas (SILVA; BARROS 2010) e em Química, (BASSOTTO, 2011). Também há sugestão de que este ensino ocorra no curso de Licenciatura em Ciências (SANTOS; VALEIRAS 2014).

Em relação à **formação continuada** de professores, cinco trabalhos e um documento institucional universitário foram identificados e todos envolveram professores de Física. A eles foram oferecidas palestras e minicursos em São Paulo (RAMOS, BENETTI; SARTORI, 2011), em Minas Gerais (RIBEIRO, 2007) e em Santa Catarina (LEONEL; SOUZA, 2009). Três publicações relataram disciplinas, de Mestrado e de Especialização, nas quais as nanotecnologias foram abordadas ou que os alunos dos cursos elaboraram produtos educacionais envolvendo a temática investigada no Rio Grande do Sul (BISOGNIN et al.2012; ELLWANGER et al., 2012) e no Paraná (UTFPR, 2011).

Tais publicações indicaram que já há iniciativas em inserir os conhecimentos em nanotecnologias nos cursos de formação inicial e continuada de professores de Biologia, Ciências, Ciências Exatas, Física e Química. Apesar da maioria das inserções dos conhecimentos sobre as nanotecnologias ser desenvolvida em projetos pontuais na formação docente, há algumas iniciativas institucionais na elaboração de disciplinas que contemplam as nanotecnologias na formação inicial e continuada de professores. A maioria das publicações analisadas apenas menciona tais inserções e pouco discutem sobre os posicionamentos dos participantes das formações em relação a tal inserção, sendo que alguns destes posicionamentos serão discutidos no capítulo V, na seção *estudo anteriores*.

4.1.1.4 Ensino Superior não relacionado à formação de professores

Neste subeixo foram analisadas nove publicações que indicaram cursos de formação de profissionais envolvidos diretamente com as nanotecnologias, as quais são relacionadas a seguir. No Brasil há desde 2010 uma Graduação em Nanotecnologia, com ênfase em Física e Bionanotecnologia na Universidade Federal do Rio de Janeiro (FERNANDES, 2014). Além disso, Santarosa e Moreira (2011) e Santarosa (2013) indicaram que o Curso de Bacharelado em Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) oferece quatro habilitações, dentre elas a de Materiais e Nanotecnologia. Também há um curso específico de Engenharia em Nanotecnologia pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (LAURETH; INVERNIZZI, 2012; LAURETH, 2014) e, neste sentido, há autores que defendem a necessidade de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias nos cursos de engenharias (PERFOLL, 2006; MARION; HASAN, 2010; ROSA, 2014). Alfonso (2011) relatou a existência do Programa de Pós-Graduação em Nanociências do Centro Universitário Franciscano, em Santa Maria (RS). Portanto, tais publicações indicam que já há cursos específicos para a formação de profissionais envolvidos com as nanotecnologias no Brasil, ou seja, tais cursos podem ser uma opção para a formação profissional do estudante do Ensino Médio.

4.1.2 Eixo II: Propostas focadas no ensino das nanotecnologias no Ensino Médio

No eixo 2 foram considerados os 14 trabalhos que elaboraram e descreveram uma proposta de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio. Para identificação do foco analisou-se os objetivos do trabalho. Além disso, foram analisados apenas os trabalhos que minimamente citavam a sequência das atividades propostas e os recursos utilizados, especificando seu conteúdo. As publicações que não traziam tais

elementos foram excluídos deste eixo e considerados no subeixo sobre o Ensino Médio apresentado anteriormente.

Foram consideradas nesta análise as propostas de inserção que objetivaram estudar o ensino da FMC e desenvolveram propostas com a temática *nanotecnologia*. A autoria, ano, título, meio de publicação e vinculação dos autores das publicações analisadas nesta seção constam no APÊNDICE I.

Inicialmente um perfil das propostas foi apresentado, indicando a data da primeira publicação, distribuição das publicações ao longo do tempo, tipos de publicação, vinculação institucional dos autores, bem como a atuação profissional destes na Educação Básica. Em seguida os resultados das análises das propostas de ensino foram discutidos, conforme elementos de análise descritos posteriormente.

4.1.2.1 Perfil das publicações

As 14 publicações neste eixo datam a partir de 2007 – no entanto há propostas que datam de 2005, conforme discutido no subeixo Ensino Médio - e seguem uma distribuição de ao menos um trabalho de 2009 a 2014, o que indica uma regularidade na elaboração de tais pesquisas. Quanto aos tipos de trabalho, foram analisadas:

- 2 monografias;
- 4 dissertações;
- 4 publicações em eventos científicos;
- 4 publicações em periódicos científicos.

A produção acadêmica está majoritariamente localizada na região Sul e Sudeste do Brasil, mas também há uma monografia desenvolvida na Paraíba, conforme indicado o QUADRO 3.

QUADRO 3 - DISTRIBUIÇÃO GEOGRÁFICA E VINCULAÇÃO INSTITUCIONAL DOS AUTORES DAS PUBLICAÇÕES FOCADAS NA INCLUSÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO

REGIÃO	VINCULAÇÃO INSTITUCIONAL	Nº DE PUBLICAÇÕES	TOTAL
Nordeste	Universidade Estadual da Paraíba	1	1
Sudeste	Universidade de São Paulo	2	5
	Universidade Federal de Minas Gerais	1	
	Universidade Federal do Rio de Janeiro	1	
	Universidade Estadual de São Paulo	1	
Sul	Universidade Federal de Santa Catarina	4	8
	Centro Universitário Franciscano	3	
	Universidade Estadual do Centro-Oeste	1	

FONTE: A autora (2016).

Assim, segundo os critérios adotados no eixo I, identificou-se uma maior produção acadêmica no sudeste e sul, em menor número no Nordeste e nenhuma publicação nas regiões Centro-Oeste e Norte. Dentre as quatro publicações oriundas do Estado de Santa Catarina, três são do mesmo autor (LEONEL; SOUZA, 2009; LEONEL, 2010; LEONEL; LAMY-PERONNET, 2013)

Conforme consta no Apêndice I, dentre os 14 trabalhos analisados, dois indicaram na publicação que ao menos um dos autores está vinculado ao Ensino Médio: em um trabalho o autor é professor e noutro os autores são alunos. Um destes trabalhos o autor é professor em uma escola de Educação Básica da rede particular de ensino e também é estudante de mestrado (LEONEL; SOUZA, 2009). No outro trabalho, os dois primeiros autores identificaram-se no texto da publicação como alunos do Colégio de Aplicação da Universidade Federal do Rio de Janeiro, ou seja, são alunos do Ensino Médio e também bolsistas de Iniciação Científica Júnior (REBELLO *et al.*, 2012). Portanto, considerou-se que as publicações analisadas nesta seção foram produções acadêmicas, pois todas apontaram que os autores eram vinculados às universidades.

4.1.2.2 Análise das propostas de ensino das nanotecnologias no Ensino Médio

Na análise das propostas de ensino consideraram-se os seguintes elementos: disciplinas vinculadas, interdisciplinaridade, implementação das propostas (curricular ou extracurricular); os conteúdos escolares tradicionais envolvidos; a abordagem problematizada das nanotecnologias, a perspectiva teórica e os recursos e estratégias indicados. Considerou-se como abordagem problematizada das nanotecnologias quando a proposta discutia os benefícios e os riscos ou prejuízos ocasionados por estas tecnologias.

As disciplinas sugeridas pelas publicações para inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio foram:

- Física: 10 publicações (CIMA, 2007; LEONEL; SOUZA, 2009; SUMAN, 2009; LEONEL, 2010; CHIMANSKI; VICENTINI, 2011; SILVA, Í. I., 2011; GAMA, 2013; LEITE et al., 2013; LEONEL; LAMY-PERONNET, 2013; ELLWANGER et al., 2014);
- Química: 2 publicações (REBELLO et al, 2012; SILVA et al., 2009)
- Biologia: nenhuma publicação;
- Disciplina não identificada: 2 publicações (ELLWANGER, 2010; LEONEL; LAMY-PERONNET, 2013)

Embora os trabalhos sejam do ensino de Física e Química considerou-se importante aqui analisá-los, pois a maioria das propostas de ensino foram implementadas em sala de aula e portanto podem indicar tendências de ensino de conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio.

Em duas publicações não se identificou a disciplina a que a proposta de destina. Uma delas afirma que o objetivo da pesquisa é a “busca pela relação de múltiplas áreas do conhecimento, a citar, Física, Química, Biologia e Matemática”. No entanto, não se reconheceu ao longo do texto quais relações foram estabelecidas entres tais áreas e a temática discutida (ELLWANGER, 2010, s. p.). A segunda proposta descreve a adaptação de um jogo para

discussão das nanotecnologias e destaca uma possível inconveniência desta proposta:

a estratégia tem um inconveniente: como se trata de uma atividade pontual, não há oportunidade de continuidade e aprofundamento da discussão. Neste contexto, desenvolveu-se um instrumento didático a partir desta proposta, com o objetivo de complementá-la, ampliar o tratamento dado aos conteúdos e auxiliar os estudantes na tomada de decisão esclarecida ao longo de um processo formativo / informativo de maior duração e alcance (LEONEL; LAMY-PERONNET, 2013, p.6).

Neste sentido, os autores manifestaram preocupação em relação à *complementação* e *ampliação* dos conteúdos, por meio do jogo, sem no entanto indicar qual a disciplina, nem os possíveis conteúdos escolares tradicionais que podem ser complementados e ampliados a partir do instrumento didático elaborado pelos autores.

Também em relação à questão disciplinar, há uma publicação que apesar de informar que a proposta seria implementada na disciplina de Física, os conteúdos trabalhados referem-se aos conteúdos desenvolvidos pela Matemática, tais como escalas métricas, potências de dez e notação decimal. A própria autora afirma que “o tema proposto não faz parte do ensino médio, podendo ser definido como um assunto extra para a disciplina” (BEZERRA, 2014, p. 32). No entanto, admite-se que o estudo e aprendizagem da Física necessitam também dos conhecimentos matemáticos e que, dependendo dos conhecimentos dos alunos, pode ser que o professor de Física precise ensinar Matemática junto à Física.

Apesar de não terem sido identificadas propostas de ensino das nanotecnologias na disciplina de Biologia, Leonel (2010, p. 120) indica que os conhecimentos sobre as nanotecnologias podem ser associados à “reprodução, bactérias, células, sistemas naturais, novos medicamentos, sistemas imunológicos e processos biológicos”. No entanto as relações entre as nanotecnologias e tais temáticas não foram identificadas.

Quanto à interdisciplinaridade, pouco mais da metade (n=8) das publicações analisadas explicitaram os conhecimentos de várias disciplinas que serão ou foram desenvolvidos em suas propostas. Tais conhecimentos

referem-se principalmente as disciplinas de Ciências da Natureza (Biologia, Física e Química) e Matemática, mas também há uma proposta não implementada que sugere integrar conhecimentos das Ciências Humanas e Linguagens, tais como “impactos, questões éticas, morais e políticas. Desenvolvimento da área no Brasil e no mundo” (LEONEL, 2010, p. 120).

Cinco publicações afirmam não ter implementado as propostas de ensino das nanotecnologias. Algumas destas explicitaram que o “projeto está em andamento” (CHIMANSKI; VICENTINI, 2011, s. p.), que “não foi ainda implementada” (LEONEL; LAMY-PERONNET, 2013, p. 7) ou que será desenvolvida em outro trabalho posterior” (BEZERRA, 2014, p. 32), sugerindo que os autores têm expectativa de desenvolver a proposta. Além disso, outras propostas não foram implementadas porque foram elaboradas com o intuito de subsidiar a discussão com e entre professores (CIMA, 2007) ou ainda porque este não foi um dos objetivos da pesquisa (LEONEL, 2010).

Dentre as propostas implementadas, três publicações desenvolveram atividades de forma extracurricular, seja em forma de minicursos (SUMAN, 2009; LEITE *et al.*, 2013) ou seminários (LEONEL; SOUZA, 2009). Apesar destes trabalhos terem sido desenvolvidos fora das aulas regulares, os autores afirmaram ter abordado conteúdos escolares tradicionais.

Assim, a maioria das publicações propõe que os conhecimentos em nanotecnologias possam ser desenvolvidos junto aos conhecimentos escolares tradicionais, apesar de duas delas não indicarem explicitamente tais conteúdos e disciplinas envolvidas (ELLWANGER, 2010; LEONEL; LAMY-PERONNET, 2013).

Quase todas as propostas, com exceção de uma, desenvolveram atividades com uma abordagem problematizada das nanotecnologias, em algum momento da atividade. Tal abordagem foi utilizada pelos trabalhos para desmitificar o que vem sendo veiculado na mídia ou para questionar o desenvolvimento e o uso das nanotecnologias pela sociedade e as consequências deste processo.

Também foram identificadas as perspectivas teóricas em relação ao processo de ensino-aprendizagem explicitadas pelas publicações, as quais são indicadas no QUADRO 4.

QUADRO 4 - PERSPECTIVAS TEÓRICAS ADOTADAS PELAS PUBLICAÇÕES FOCADAS NA INCLUSÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO

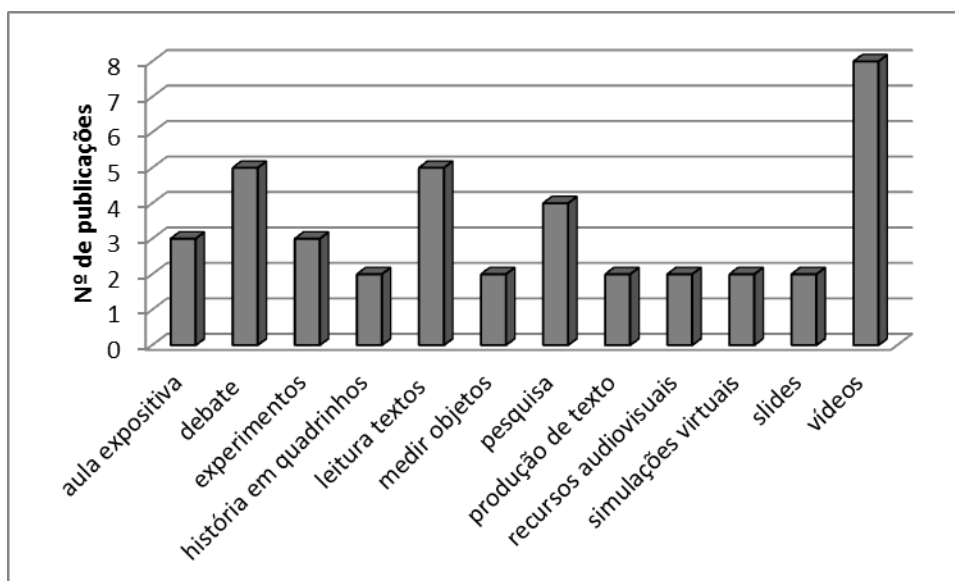
Perspectivas teóricas identificadas	Nº de publicações
CTS ou CTSA	4
ACT	2
ACT e CTS	1
ACT e Ilha Internacional de Racionalidade	1
Método Cooperativo de Aprendizagem Jigsaw	1
“Pressupostos Ausuberianos e Brunerianos” (ELLWANGER et al., 2014, p. 88)	1
CTS, “Pedagogia Freiriana” Teoria Socioconstrutivista de Vigotsky e os Três Momentos Pedagógicos (SILVA I.I., 2011)	1
Perspectivas teóricas não foram identificadas	3

FONTE: A autora (2016).

O enfoque CTS ou o referencial da ACT foram adotados como perspectiva teórica por 60% dos trabalhos, isoladamente ou em conjunto com outras perspectivas. Tal indício ajuda a compreender porque a maioria das publicações do eixo 2 *publicações focadas no ensino das nanotecnologias no Ensino Médio* problematizam os conhecimentos em nanotecnologias. Na única publicação na qual não foi possível identificar a abordagem problematizada das nanotecnologias, também não foi reconhecida a perspectiva teórica adotada em relação à concepção de ensino/aprendizagem (CHIMANSKI; VICENTINI, 2011). Apesar de tal publicação incluir como palavra-chave o termo *nanotecnologia*, propõe o ensino de uma particularidade desta: os fulerenos.

Em cada publicação foram identificados os recursos e estratégias de ensino e contabilizado o número de publicações que os empregaram. Foram explicitados no GRÁFICO 1 apenas os recursos e estratégias que foram indicados explicitamente em pelo menos dois trabalhos.

GRÁFICO 1 - RECURSOS E ESTRATÉGIAS DE ENSINO INDICADAS NAS PROPOSTAS FOCADAS NA INSERÇÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO



FONTE: a autora (2016).

Os vídeos, debates e a leitura de textos, principalmente os de divulgação científica, foram os recursos mais indicados nas propostas analisadas. Cerca de metade das propostas emprega vídeos e estes se referem às nanotecnologias, em geral, às aplicações e à nanoarte (LEITE *et al.*, 2013). Um terço das propostas apontou o uso do debate, uma estratégia muito interessante para desenvolver a criticidade e a tomada de decisão pelos alunos. No entanto, é necessário assegurar um debate democrático em que todos têm o direito de argumentar para justificar suas opiniões e que essas sejam respeitadas por todos. Não é possível reconhecer tal e/ou qual a forma de debate nas propostas analisadas.

Apenas 3 publicações analisadas nesse eixo afirmaram ter desenvolvido aulas expositivas. No entanto, muitos autores das publicações analisadas relataram que *apresentaram, oportunizam conhecer, introduziram o conceito, explicaram*, entre outros termos, que podem estar se referindo às aulas expositivas. Tais publicações não foram consideradas na contabilização das publicações que afirmam empregar aula expositiva, mas se o fossem, ultrapassariam a utilização de vídeos.

Em síntese, há indicativos, segundo as análises desta revisão bibliográfica, de que há pelo menos uma década estão sendo elaboradas pesquisas e trabalhos de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio.

Em relação à Biologia, duas publicações relataram a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio, evidenciando que as propostas nesta disciplina ainda são bastante pontuais e escassas.

A maioria das propostas de ensino para o Ensino Médio preocupou-se em trabalhar uma abordagem problematizada das nanotecnologias, não tratando apenas das aplicações e potenciais contribuições, mas também dos seus possíveis riscos e implicações. A construção de uma visão problematizada sobre as nanotecnologias pode ser entendida como influência das perspectivas teóricas adotadas pelas pesquisas, visto que mais da metade das propostas para o Ensino Médio opta pelas perspectivas do enfoque CTS e da ACT. No entanto, a adoção de um referencial considerado crítico não garante que a proposta também o seja e vice versa, pois há um trabalho propondo uma abordagem problematizada das nanotecnologias mesmo não explicitando tal referencial.

A maioria das propostas de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio é da disciplina Física, já foi implementada e aborda esta temática de forma problematizada. Evidenciou-se também que já há iniciativas de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na formação de professores de Ciências da Natureza e no Ensino Médio.

Pouco mais da metade considera a interdisciplinaridade e os conhecimentos escolares tradicionais articulados à temática discutida. Não foram identificadas propostas focadas na elaboração e análise do ensino das nanotecnologias na disciplina de Biologia.

A análise das publicações indicou também que algumas propostas consideraram poucos elementos do contexto escolar para construção do conhecimento escolar em nanotecnologias, pois foi identificada apenas uma única proposta para Ensino Fundamental e outra para o Ensino Médio, em

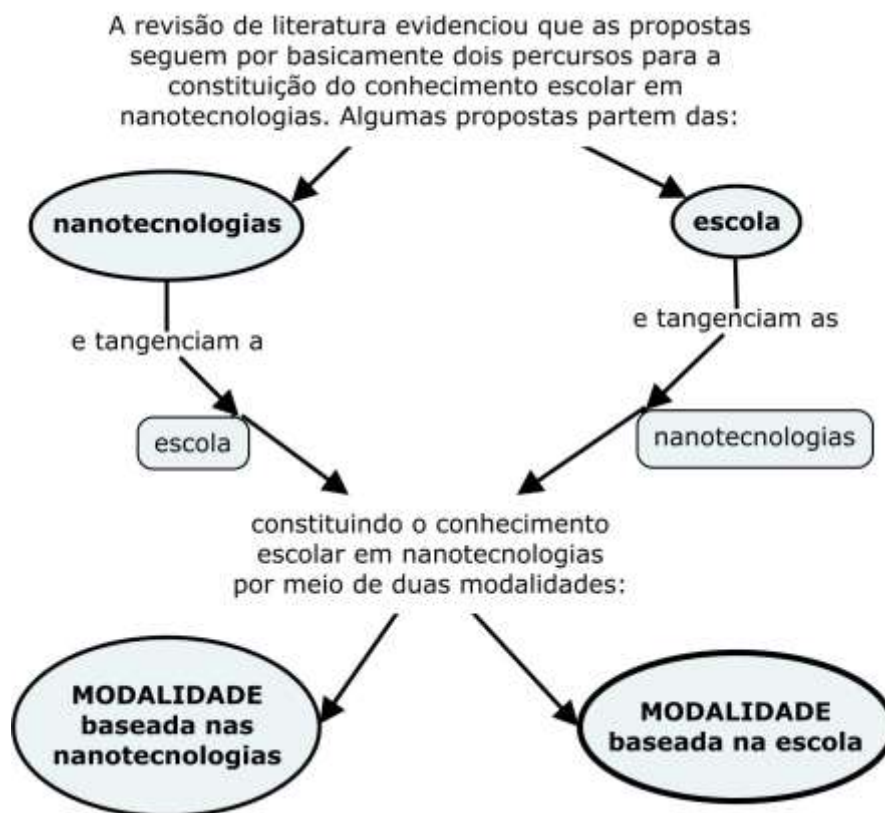
algumas propostas a disciplina sugerida não foi encontrada, além de outras não articularem os conhecimentos em nanotecnologias aos conteúdos escolares tradicionais. Ademais, algumas propostas focadas na inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio não atenderam a Regra III da transposição didática que prevê a articulação do saber “novo” com o “antigo”. Assim, tais propostas sugerem que as nanotecnologias sejam inseridas no Ensino Médio, no entanto, não incluem elementos do contexto de ensino-aprendizagem de tal nível de ensino, talvez por não terem sido desenvolvidas em sala de aula.

Neste sentido, buscou-se compreender quais contextos foram considerados e evidenciados pelas propostas de ensino dos conhecimentos em nanotecnologias para elaboração de modalidades de constituição destes conhecimentos.

4.2 MODALIDADES DE CONSTITUIÇÃO DOS CONHECIMENTOS ESCOLARES EM NANOTECNOLOGIAS

Duas modalidades de constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias no Ensino Médio foram elaboradas e esquematizadas na FIGURA 6. Tais modalidades foram nomeadas de *baseadas na escola* e de *baseada nas nanotecnologias*.

FIGURA 6 - ESQUEMA EXPLICATIVO DAS MODALIDADES DE CONSTITUIÇÃO DO CONHECIMENTO ESCOLAR EM NANOTECNOLOGIAS EVIDENCIADAS PELA REVISÃO BIBLIOGRÁFICA



FONTE: A autora (2016).

Na modalidade *baseada nas nanotecnologias*, supostamente os autores das propostas se perguntaram: o que selecionar dos conhecimentos sobre as nanotecnologias para inserir na Educação Básica? Assim, partiram dos conhecimentos em nanotecnologias para propor como estes podem ser ensinados, pouco considerando as condições concretas da escola. Nesta modalidade há mais conhecimentos em nanotecnologias e o contexto escolar é pouco privilegiado.

Um exemplo de proposta característica dessa modalidade é a de Leonel e Lamy-Peronnet, (2013), pois não explicita, por exemplo, a disciplina e série do Ensino Médio que a proposta pode ser implementada, nem quais conteúdos científicos podem ser associados os conhecimentos em nanotecnologias. A proposta que especifica em que condições tal inserção

pode ocorrer não necessariamente limita tal inserção a estas condições, mas indica uma possibilidade mais plausível.

Já as propostas que foram consideradas na modalidade *baseada na escola*, a seguinte questão parece ter orientado a constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias: Como inserir nas aulas da Educação Básica os conhecimentos em nanotecnologias? Então, esta modalidade prioriza o contexto escolar, interligando assim os conhecimentos escolares e os em nanotecnologias.

Por exemplo, a proposta elaborada por Rebelo *et al* (2012) foi implementada e explicita as condições escolares em foi desenvolvida, tais como série, disciplina, conteúdo científico associado, número de aulas utilizadas e alguns resultados em relação ao aprendizado dos estudantes.

Nesse sentido, Brockington e Pietrocola (2005, p. 401) também identificaram que há propostas de ensino - da FMC - que se aproximaram mais dos *saberes a ensinar* dos cursos universitários e outras propostas foram elaboradas nos mesmos moldes do que já vem sendo ensinado na aulas de Física, mais relacionadas aos *saberes ensinados*.

Construir o conhecimento escolar apenas baseado no *saber de referência* e distante do contexto escolar pode acabar elaborando um ensino *bom*, mas não *possível*, conforme trecho a seguir:

Sabe-se que, antes de ser bom, um ensino deve ser possível e, nesse sentido, a noosfera acaba somente por considerar alguns elementos referentes às condições didáticas, deixando muitos outros escaparem (MARANDINO, 2004, p. 98).

Neste sentido, Pietrocola (2008, s.p.) defende que “é ilusório pensar que a avaliação sobre a ‘ensinabilidade’ de um saber se dê maneira teórica e *a priori*. Um Saber a Ensinar deve ser submetido aos testes empíricos *in loco* [...]”. Assim, a implementação de uma proposta de ensino se ocorrer de forma isolada das aulas regulares e realizada por pesquisadores distantes da sala de aula, pode não considerar todas as *condições didáticas*, portanto, não estaria avaliando a “ensinabilidade” efetivamente.

Assim, compreende-se que a construção do conhecimento escolar em nanotecnologias deve considerar igualmente o contexto escolar e os conhecimentos em nanotecnologias para que o ensino/aprendizado seja possível, relevante para os estudantes e coerente com o *saber de referência*.

A partir desta revisão de literatura, interpreta-se que a comunidade acadêmica de pesquisadores em ensino de Biologia não vem apontando de forma ampla as nanotecnologias como uma temática a ser inserida nesta disciplina, assim como os documentos oficiais para esta disciplina também não as indicam explicitamente. Portanto, se parcela da *noosfera*, importante instância na constituição do conhecimento escolar (CHEVALLARD, 1991) em Biologia, pouco tem indicado as nanotecnologias como uma possível temática a ser inserida no ensino, os livros didáticos e os professores também não a inserem? É o que se discute no capítulo a seguir.

CAPITULO V. LIVROS DIDÁTICOS E SABERES DOCENTES COMO INSTÂNCIAS DETERMINANTES DO PROCESSO DE SELEÇÃO CULTURAL QUE ESTRUTURA O CONHECIMENTO ESCOLAR

Retomando o pressuposto adotado nesta pesquisa, buscou-se compreender como livros didáticos e docentes de Biologia propõem a constituição e estruturação do conhecimento escolar relativo às nanotecnologias considerando dados construídos a partir da revisão de literatura, das entrevistas com os professores colaboradores desta pesquisa e da análise de livros didáticos. Eixos de análise foram elaborados a fim de compreender como vem ocorrendo a constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias, o que também permitiu elaborar estratégias de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na disciplina de Biologia utilizadas por livros didáticos e pelos professores colaboradores.

5.1 ESTUDOS ANTECEDENTES: LIVROS DIDÁTICOS E OS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS

Na revisão de literatura oito publicações foram identificadas, sendo que sete mencionaram a presença dos conhecimentos em nanotecnologias em livros didáticos e apenas uma analisou esta temática nestes materiais. A maioria das publicações analisou livros didáticos de Física (n=6) (LEAL, et al, 2007; DOMINGUINI; MAXIMIANO; CARDOSO, 2012; MAXIMIANO et al., 2013; LISBOA-FILHO; MONTEIRO, 2013; SANTIAGO, 2013; SALES, 2014), mas também há uma pesquisa com livros didáticos de Química (DANTAS *et al.*, 2012) e outra com livros de Ciências (ARAÚJO, 2012).

Segundo as publicações analisadas, os primeiros livros didáticos que inseriram conhecimentos em nanotecnologias datam de 2005 e são da disciplina de Química (DANTAS *et al.*, 2012). No entanto, pesquisas sobre estes conhecimentos em livros didáticos são escassas.

Araújo (2012) analisou a inserção da temática biotecnologia em livros didáticos de Ciências no Ensino Fundamental. A autora citou que há um texto que aborda as nanotecnologias nestes materiais, porém não analisou tal texto por não ser o foco da pesquisa.

Dentre as oito publicações, apenas uma teve como foco a análise dos conhecimentos em nanotecnologias presentes em livros didáticos. Lisboa-Filho e Monteiro (2013) investigaram 15 coleções de Física editados a partir de 2010 e identificam a temática investigada em apenas 2 livros de coleções distintas. Os autores concluem que a forma como conhecimentos em nanotecnologias são trabalhados nestes livros didáticos aproxima-se de uma “ACT reducionista” (conforma discutido no Capítulo II) e de uma posição “tecnófila”, devido ao *otimismo*, que *inviabiliza* uma *visão crítica* em relação às nanotecnologias (LISBOA-FILHO; MONTEIRO, 2013, p. 139). Além disso, os autores da pesquisa afirmaram que um dos livros assemelha-se a *ficção científica* e concluem que as nanotecnologias não são uma *temática prioritária* para os autores dos livros, o que constitui um *descompasso* entre as recomendações dos *documentos oficiais brasileiros* e a “inserção de abordagens sobre as novas tecnologias na educação básica” (LISBOA-FILHO; MONTEIRO, 2013, p. 140). Os autores finalizam a publicação sugerindo que “as abordagens sobre nanotecnologia dos livros didáticos harmonizem-se com uma perspectiva de ACT ampliada [...]” (p. 140).

Na revisão de literatura não foram identificadas publicações que tenham investigado os conhecimentos em nanotecnologias em livros didáticos de Biologia. No entanto, apesar de o trabalho não ter sido publicado *online*, e por isso não ter sido encontrado pela ferramenta de busca adotada na revisão de literatura, há uma pesquisa realizada com livros didáticos de Biologia do PNLD 2012.

Tal pesquisa foi apresentada em um pôster no X SEMINANOSOMA (PAULINI-JESUS; ASINELLI-LUZ, 2013). Em tal trabalho, identificou-se que dentre os 5 livros didáticos do PNLD 2012 analisados, 2 livros de coleções distintas mencionaram aplicações das nanotecnologias.

Um dos livros faz parte da coleção intitulada *Biologia Hoje*. O livro citou o uso de nanopartículas como um exemplo de vetor de DNA no desenvolvimento de terapias gênicas. O trecho que citou tal uso foi localizado no 3º volume da coleção, no último capítulo “A tecnologia do DNA” da primeira unidade sobre Genética do livro.

O outro livro faz parte da coleção *Ser Protagonista* organizada por Fernando Santiago dos Santos, João B. V. Aguiar e Maria M. A. de Oliveira, publicado em 2010 pela *Edições SM*. Tal livro é o terceiro volume da coleção e apresentou um texto intitulado *Vacina de DNA é esperança no tratamento da tuberculose* em um *box* denominado *Ciência, tecnologia e sociedade*. Tal texto é um recorte de um artigo do *Jornal da Unicamp*, de 2007, que relatou uma pesquisa em que micro e nanopartículas lipídicas foram produzidas a fim de transportar e liberar fármacos de forma controlada no tratamento desta doença.

Portanto, em relação aos livros didáticos do PNLD 2012, nanomateriais eram mencionados ao longo do texto como vetores utilizados na terapia gênica ou na liberação controlada de fármacos. Assim, não houve seções exclusivas para a temática das nanotecnologias nos livros didáticos do PNLD 2012, segundo as análises realizadas por Paulini-Jesus e Asinelli-Luz (2013).

Em síntese, há poucas pesquisas que investigaram os conhecimentos em nanotecnologias nos livros didáticos do Ensino Médio, especialmente na disciplina de Biologia. Portanto, é necessário não somente verificar a presença ou ausência desta temática nos livros didáticos, mas também de que forma o *saber a ensinar* sobre nanotecnologias está sendo construído nestes materiais.

Em seguida, é apresentado um perfil dos livros didáticos de Biologia do PNLD 2015 que abordaram ou mencionaram os conhecimentos em nanotecnologias. A análise destes livros foi realizada de acordo com os seguintes critérios: o espaço ocupado, os conteúdos visuais e textuais relativos aos conhecimentos em nanotecnologias e as atividades didáticas sugeridas por estes materiais didáticos, conforme apresentada na próxima seção.

5.2 OS LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA DO PNLD 2015 E OS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS

Nesta seção discute-se a análise dos livros didáticos de Biologia do PNLD 2015 que abordaram ou mencionaram os conhecimentos em nanotecnologias. Antes de tal análise, discutiram-se alguns critérios estabelecidos pelo PNLD 2015 e também as publicações identificadas na revisão de literatura que indicaram ou analisaram a abordagem das nanotecnologias em livros didáticos.

Mas os conhecimentos em nanotecnologias poderiam ser inseridos nos livros didáticos do PNLD 2015 segundo os critérios de avaliação destes materiais?

O PNLD 2015 estabelece três tipos de critérios eliminatórios para seleção dos livros didáticos de Biologia: há critérios gerais, critérios específicos para as disciplinas da área de Ciências da Natureza e critérios específicos para a disciplina Biologia. Alguns critérios específicos da área de Ciências da Natureza são contextualização, interdisciplinaridade, dimensão histórica e vivencial, preparação para a vida e para o mundo do trabalho mediadas por diferentes linguagens e formas de expressão (BRASIL, 2014a).

Há dez critérios eliminatórios específicos para as obras da disciplina de Biologia descritos no Guia do Livro Didático do PNLD 2015 (BRASIL, 2014, p.11-12). Ao menos dois critérios legitimam a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias nestes materiais.

O primeiro critério determina que o livro didático de Biologia deve “possibilita[r] a participação nos debates de temas contemporâneos que envolvam conhecimentos biológicos”. Tal critério aponta que estes materiais devem trabalhar temas contemporâneos relacionados aos conhecimentos biológicos. Assim, as nanotecnologias podem ser um destes temas, possibilitando ao estudante participar de debates sobre o desenvolvimento e uso destas tecnologias. Os conhecimentos biológicos envolvidos com as

nanotecnologias permitem que estes sejam empregados como argumentos científicos, auxiliando os cidadãos no posicionamento perante tal temática.

Já o segundo critério afirma que o livro didático deve “possibilita[r] o reconhecimento das formas pelas quais a Biologia faz parte das culturas e influencia a visão de mundo”, as nanotecnologias relacionadas aos conhecimentos biológicos poderiam auxiliar na construção de uma visão de mundo mais integrada à cultura científica, por exemplo, ao se deparar com a indicação de um tratamento médico baseado em nanoestruturas o cidadão poderia “ver” tal tratamento pelos “olhos” científicos, compreendendo a dinâmica deste procedimento.

Assim, embora não diretamente, a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias nos livros didáticos de Biologia tem respaldo em ao menos dois critérios de avaliação dos livros didáticos de Biologia do PNLD 2015 e, portanto, estas tecnologias podem ser abordadas nestes materiais. Ressalta-se no entanto que o Guia não indica explicitamente que tal inserção deva ocorrer.

5.2.1 Perfil dos livros didáticos que abordaram as nanotecnologias

No PNLD 2015 foram aprovadas nove coleções. Apresenta-se uma breve caracterização das quatro coleções que abordaram as nanotecnologias, indicando as editoras, autores e sua formação e a posição em que tais coleções ficaram na listagem das obras mais adotadas no Brasil. A formação dos autores foi extraída dos próprios livros didáticos. Uma síntese desta caracterização consta no QUADRO 5.

QUADRO 5 - CARACTERIZAÇÃO DOS LIVROS DIDÁTICOS DO PNLD 2015 QUE MENCIONARAM OU ABORDARAM AS NANOTECNOLOGIAS

TÍTULO	AUTORES	EDITORA	ANO E EDIÇÃO	FORMAÇÃO DOS AUTORES	POSIÇÃO ENTRE OS MAIS ADOTADOS NO BRASIL ⁴⁵
Biologia	Vivian Lavander Mendonça	AJS	2013 2ª ed.	Licenciada e bacharel em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo (USP). Mestra em Ciências pelo Instituto de Biociências da USP. Professora da Rede Privada de Ensino na cidade de São Paulo.	3º
Biologia em Contexto	José Mariano Amabis	Moderna	2013 1ª ed.	Licenciado em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências – Faculdade de Educação da USP. Doutor e Mestre em Ciências, na área de Biologia (Genética) pelo mesmo Instituto (1972-2004). Coordenador de atividades Educacionais e de Difusão do centro de Estudos do Genoma Humano da USP (2000-2004)	2º
	Gilberto Rodrigues Martho			Licenciado em Ciências Biológicas pelo Instituto de Biociências – Faculdade de Educação da USP. Lecionou Biologia em escolas de Ensino Médio e cursos pré-vestibulares	
Biologia: unidade e diversidade	José Arnaldo Favaretto	Saraiva	2013 1ª ed.	Médico graduado pela USP. Professor de Biologia do Ensino Médio no Estado de São Paulo	9º
Conexões com a Biologia	Editora responsável Rita Helena Bröckelmann	Moderna	2013 1ª ed.	Licenciada em Ciência e Biologia pelo Centro Universitário da Fundação Educacional Guaxupé (MG). Lecionou Biologia e Ciências em escolas públicas e particulares de São Paulo.	7º

FONTE: A autora (2016).

⁴⁵ Informações disponíveis em: <<http://www.fnnde.gov.br/programas/livro-didatico/livro-didatico-dados-estatisticos>>. Acesso em 21/11/2015

Em relação à formação dos autores, a maioria é licenciado em Ciências Biológicas e um deles é formado em Medicina, tendo atuado como professor de Biologia no Ensino Médio. Um dos autores tem Mestrado em Ciências pela USP e outro Doutorado também em Ciências pela mesma instituição. Além disso, a maioria já atuou como professor no Ensino Médio, exceto um deles que afirma ser professor no Ensino Superior. A maioria dos autores foi formada pela USP e uma autora foi formada em uma instituição particular em Minas Gerais, mas atua como professora em São Paulo. Neste sentido, todos os autores passaram ou permanecem em instituições paulistanas, seja durante a formação ou como professores. Entre os quatro livros didáticos que abordaram/mencionaram os conhecimentos em nanotecnologias dois são da mesma editora e todos eles foram publicados em 2013.

Os livros que mencionaram/abordaram os conhecimentos em nanotecnologias estão entre os livros mais distribuídos e também entre os menos recebidos pelas escolas brasileiras. Esta listagem considera os livros que mais foram enviados às escolas e não necessariamente as coleções que mais foram escolhidas pelos professores, pois professores colaboradores desta pesquisa afirmaram que nem sempre os livros didáticos escolhidos por eles são enviados às escolas em que lecionam.

5.2.2 Espaço ocupado pelos conhecimentos em nanotecnologias nos livros didáticos do PNLD 2015

Os critérios para avaliar o espaço ocupado pelos conhecimentos em nanotecnologias nas coleções de livros didáticos constam no QUADRO 6.

QUADRO 6 - ESPAÇO OCUPADO PELOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS NAS COLEÇÕES DE LIVROS DIDÁTICOS PNLD 2015
(+) presente (-) ausente (x) não se aplica

Coleção	Volume	Livro do Aluno	Manual do Professor	Número total de páginas	Seção	Nº páginas absoluto e relativo	Posição ocupada ao longo da seção restrita	Box	Temática no sumário	Temática no índice remissivo
2	1	-	+	manual do professor: 88	Unidade 2 sem título contendo cinco capítulos, dentre eles o segundo capítulo "Introdução à Citologia e membranas celulares"	0 pois não explica sobre nanotecnologia	Última atividade complementar proposta no manual do professor para o capítulo	x	x	-
4	1	+	-	livro do aluno: 280	Módulo 3 "A arquitetura das células" tem 2 capítulos, dentre estes o segundo capítulo "A arquitetura da célula eucariótica"	1,5 0,54%	Início de um capítulo no livro do aluno	-	+	+
6	1	+	+	livro do aluno: 315 manual do professor: 120	Capítulo 2 "A célula, um sistema eficiente", dentre dezesseis capítulos do livro	2 no livro do aluno 0,63%	Final de um capítulo no livro do aluno	+	-	x
7	3	+	-	livro do aluno: 303	Unidade 6 Fundamentos de Ecologia, Tema Diversidade Biológica	0 pois não explica sobre nanotecnologia	Final de um capítulo no livro do aluno	+	-	-

FONTE: A autora (2016).

Portanto, os elementos de análise foram: o volume e a seção do livro didático em que a inserção ocorre, a posição desta inserção ao longo do capítulo e o número de páginas absoluto e relativo.

Três coleções inseriram os conhecimentos em nanotecnologias no volume 1 das coleções e uma delas incluiu no volume 3, isto é, tal inserção ocorreria junto a conhecimentos trabalhados em diferentes séries do Ensino Médio. A maioria realizou tal inserção junto ao conteúdo escolar tradicional de Células e uma delas junto à Ecologia. As coleções aprovadas no PNLD 2012 analisadas por Paulini-Jesus e Asinelli-Luz (2013) mencionaram as nanopartículas nas seções relativas à Genética. Vale ressaltar que as duas coleções do PNLD 2012 que mencionaram as nanopartículas, indicadas pelas autoras, também foram aprovadas pelo PNLD 2015. No entanto, ao analisar essas duas coleções em sua versão mais recente, notou-se que tais textos foram retirados destes materiais.

Em relação ao número de páginas, este variou entre nenhuma página explicando sobre as nanotecnologias até duas páginas, em torno de 0.58% do total de páginas do livro do aluno ou do manual do professor. A coleção que trabalhou as nanotecnologias em duas páginas trouxe dois textos sobre tal temática.

No manual do professor os conhecimentos em nanotecnologias foram identificados em duas coleções: em uma delas estes conhecimentos aparecem somente neste manual e em outra coleção aparecem tanto neste manual quanto no livro do aluno. No entanto, nesta última coleção, o texto no manual do professor apenas orienta o desenvolvimento da atividade didática sugerida.

A coleção que trouxe a temática apenas no manual do professor inseriu os conhecimentos em nanotecnologias como a última das quatro propostas de atividades complementares para o capítulo em questão.

Três coleções incluíram a temática discutida no livro do aluno. Nos livros do aluno, os conhecimentos em nanotecnologias ocuparam tanto o início quanto o final da seção na qual foi inserida. Duas coleções que inseriram no final do capítulo abordaram a temática em textos contidos em *boxes*, já outra

coleção inseriu no início da seção, em um texto introdutório dos conhecimentos a serem desenvolvidos nesta seção. Muitos livros didáticos trabalham as tecnologias como se fossem apenas aplicações de uma ciência estudada em determinada seção deste material. Assim, trazem o conteúdo científico e posteriormente um inserto sobre uma tecnologia relacionada. Nesse sentido, podem acabar transmitindo a ideia de que a tecnologia é sempre derivada de uma ciência.

Trabalhar uma tecnologia antes de desenvolver os conteúdos científicos pode ser uma maneira de explicitar que a tecnologia não é necessariamente posterior à ciência, além de potencialmente motivar os alunos para o aprendizado de tais conteúdos. Nessa perspectiva, trazer os conhecimentos em nanotecnologias antes de iniciar os conteúdos científicos pode auxiliar na compreensão de que tal tecnologia também pode auxiliar no desenvolvimento da ciência, explicitando a dinâmica entre esses elementos.

O termo *nanotecnologia* apareceu no sumário e também no índice remissivo de um dos livros didáticos, o que pode facilitar a identificação da temática pelo professor e/ou aluno.

Em suma, identificou-se uma diversidade de espaços que os conhecimentos em nanotecnologias ocuparam nos livros didáticos, em seções de Biologia Celular e também junto à Ecologia, ocupando somente o livro do aluno, apenas o manual do professor ou em ambos. Desde uma simples menção do termo *nanotecnologia*, sem, no entanto explicá-lo, até dois textos falando sobre as nanotecnologias em um mesmo livro, num mesmo *box*. No entanto, no manual do professor as nanotecnologias não foram explicadas, há apenas a indicação e a orientação em relação às atividades didáticas.

5.2.3 Conteúdo relativo às nanotecnologias nos livros didáticos

Nesta seção buscou-se compreender as tendências, entre as obras analisadas, quanto aos conteúdos textual e visual e também às atividades didáticas. O QUADRO 7 apresenta as coleções que trazem o conteúdo textual - textos explicativos sobre as nanotecnologias ou menção aos termos relativos à temática -, o conteúdo visual e as atividades didáticas.

QUADRO 7 - RELAÇÃO ENTRE AS COLEÇÕES E OS CONTEÚDOS TEXTUAL E VISUAL E ATIVIDADES DIDÁTICAS
(+) presente (-) ausente

COLEÇÃO	CONTEÚDO TEXTUAL	CONTEÚDO VISUAL	ATIVIDADE DIDÁTICA
2	Apenas menção ao termo <i>nano</i>	-	+
4	+	+	-
6	+	+	+
7	+	+	-

FONTE: A autora (2016).

Uma das coleções traz a temática investigada em um infográfico⁴⁶, uma combinação de desenho e texto. Apesar desta combinação, a imagem foi separada do texto para fins analíticos.

Uma das coleções menciona as nanotecnologias, sem, no entanto, explicá-las e outras três trouxeram textos específicos sobre a temática. Três coleções trazem imagens e duas propõem atividades didáticas, sendo que em uma delas a atividade consta apenas no manual do professor e tem caráter complementar. Portanto, não se identificou um padrão para os parâmetros analisados e relacionados no QUADRO 7.

⁴⁶ "Infográficos são representações visuais de informação. Esses gráficos são usados onde a informação precisa ser explicada de forma mais dinâmica, como em mapas, jornalismo e manuais técnicos, educativos ou científicos. Pode utilizar a combinação de fotografia, desenho e texto". Disponível em:

<http://penta2.ufrgs.br/edu/ImagemEduc/o_infografico.html>. Acesso em: 08/12/15

5.2.3.1 Conteúdo textual

A coleção 2 que menciona as nanotecnologias referiu-se ao termo *nanorrobôs* no título da atividade complementar número 4, a qual consta na FIGURA 7.

FIGURA 7 - PÁGINA QUE MENCIONA O TERMO *NANORROBÔS* NA COLEÇÃO 2

Realize previamente a coleta de folhas da planta. Oriente os alunos a manipular as folhas usando luvas.

Materiais:

- Microscópio óptico;
- lâmina e laminula;
- água;
- solução salina de NaCl a 3%;
- folhas de *Tradescantia*;
- pinça;
- papel-filtro;
- pipeta ou conta-gotas;
- papel toalha.

Procedimentos:

1. Um pequeno pedaço da epiderme inferior da folha de trapoeraba-roxa deve ser retirada, com cuidado, utilizando-se a pinça.
2. A amostra da epiderme da folha deve ser colocada numa lâmina limpa. Pingar uma ou duas gotas de água e cobrir com a laminula.
3. A lâmina deve ser observada ao microscópio, iniciando pela lente de menor aumento. Os alunos poderão observar as paredes celulares e os grandes vacúolos do sudo celular, de forte cor rósea.
4. A lâmina deve ser retirada do microscópio e apoiada sobre o papel toalha. Com o conta gotas, colocar algumas gotas da solução salina em uma das extremidades da laminula. Posicionar o papel-filtro em outra extremidade da laminula, o que vai "puxar" a solução salina em direção à amostra observada.
5. A lâmina deve ser novamente colocada no microscópio para observação.

Professor(a): espera-se que os vacúolos de suco celular estejam reduzidos, indicando a plasmólise das células.

Você pode perguntar aos alunos: o que pode ser feito para ocorrer a deplasmólise? Utilizando os conhecimentos sobre osmose, eles podem propor pingar água, ou água destilada, realizando o mesmo procedimento do item 4.

Oriente-os a realizar o procedimento, que deve resultar na observação de células flácidas ou túrgidas.

4. Pesquisa sobre nanorrobôs

Solicite aos alunos que pesquisem a respeito dos nanorrobôs e suas possíveis contribuições ao ser humano. Oriente-os a comparar suas dimensões com as de células humanas. Os professores

de Física poderão participar dessa atividade, discutindo com os alunos o funcionamento geral dos nanorrobôs. Se for pertinente, os professores de Matemática poderão também participar da atividade, orientando os alunos a compararem as dimensões dos nanorrobôs com as das células, utilizando fórmulas de área e volume de figuras geométricas.

Temas abordados: comentários e aprofundamentos

Página 173 – Pense e responda

- a) A cortiça corresponde ao súber desenvolvido do tronco de certas árvores, como o sobreiro.
- b) Robert Hooke observou as paredes celulares de celulose, impregnadas de suberina, de células vegetais mortas. Ele reconheceu tratar-se de cavidades, ou celas, o que deu origem ao nome célula. O súber, que corresponde à cortiça, não é formado por células vivas.
- c) O ar ocupa espaços nos alvéolos presentes na cortiça e, com isso, ela se torna menos densa do que a água líquida. Os alvéolos correspondem às cavidades onde, antes da suberificação, havia células vivas.
- d) O ar é um mau condutor de calor. Como os alvéolos da cortiça estão preenchidos com ar, o tecido torna-se isolante térmico. Pelo mesmo motivo, a cortiça dificulta a passagem de ondas sonoras, sendo um isolante acústico.

Página 182 – Atividade prática

Observando o efeito da osmose

O procedimento experimental é um dos mais interessantes entre os que se propõem a levar os alunos a identificar e entender o fenômeno de osmose, com a vantagem de ser realizado em nível macroscópico e possibilitar a visualização clara do resultado. Enfatize aos alunos que são propostas duas montagens: uma representando o experimento propriamente dito e outra para ser utilizada como controle. Assim, eles deverão realizar as duas montagens e identificar a única variável diferente nas duas, que é a colocação de uma solução concentrada dentro do ovo na montagem do experimento e colocar apenas água no ovo da montagem do controle. Oriente os alunos a observarem as

FONTE: (MENDONÇA, 2013, p. 64)

Neste trecho, não há qualquer menção aos termos *nanociência* ou *nanotecnologia*, mas mencionaram *nanorrobôs*, porém não há explicação do que estes vêm a ser. A atividade em si será discutida posteriormente.

Já entre as coleções que abordaram as nanotecnologias, há diferenças em como isso ocorre. A coleção 7 menciona o termo *nanotecnologia*, mas também o termo *nanofilmes* e este foi o termo abordado pela coleção, que explicou como este é produzido e poderá ser utilizado em tratamentos médicos. Nesta coleção, as nanotecnologias foram abordadas como um exemplo de tecnologia que contribui com o desenvolvimento de um tratamento para a leishmaniose, conforme evidenciado nas FIGURAS 8 e 9. O texto, extraído de uma matéria veiculada no *Caderno Ciência do Correio Brasiliense* em 2011, relatou uma pesquisa desenvolvida na Universidade Federal do Piauí. O texto deste livro didático explica que o nanofilme é produzido a partir do caule que se destaca naturalmente do cajueiro e deste caule obtém-se carboidratos que constituem uma goma. Tal goma foi utilizada para produção do nanofilme, o qual posteriormente foi impregnado por uma proteína extraída das secreções da pele de um anfíbio que supostamente é eficaz contra o protozoário leishmania. No tratamento dos doentes, o nanofilme impregnado é utilizado como um adesivo e irá liberar as proteínas que causarão a morte dos protozoários.

FIGURA 8 - PRIMEIRA PÁGINA QUE ABORDA AS NANOTECNOLOGIAS NA COLEÇÃO 7

CIÊNCIA E SAÚDE

ATAQUE BRASILEIRO CONTRA A LEISHMANIOSE

Pesquisa da Universidade Federal do Piauí descobre que a substância encontrada na pele da perereca *Phyllomedusa nordestina*, que mede cerca de 5 cm de comprimento e é muito comum no Delta do Parnaíba, no Piauí, é capaz de eliminar o protozoário causador da leishmaniose. A expectativa é que o achado dê origem a um eficaz tratamento contra a doença.

Entenda o estudo

Para chegar à substância com ação contra a leishmania – protozoário que causa a leishmaniose –, os pesquisadores passaram pelas seguintes etapas:

1. Extração do peptídeo

A secreção produzida na pele do **anfíbio**, com ação antimicrobiana, foi extraída e levada para o laboratório.

2. Identificação

Os pesquisadores separaram todas as substâncias com ação contra a leishmania e as identificaram (em um peptídeo pode haver mais de 20 substâncias).



Como é feito o filme



A substância é inserida dentro do **nanofilme**, que consegue entrar na célula humana e soltar a substância dentro dela, com a dosagem correta.



1. A resina é extraída do caule do cajueiro sem precisar cortá-lo – ela sai naturalmente.



2. Após a purificação da resina, são obtidos carboidratos (a goma).

»
208 Unidade 6 • Fundamentos da Ecologia

FONTE: (BRÖCKELMANN, 2013, p. 208)

FIGURA 9 - SEGUNDA PÁGINA QUE ABORDA AS NANOTECNOLOGIAS NA COLEÇÃO 7

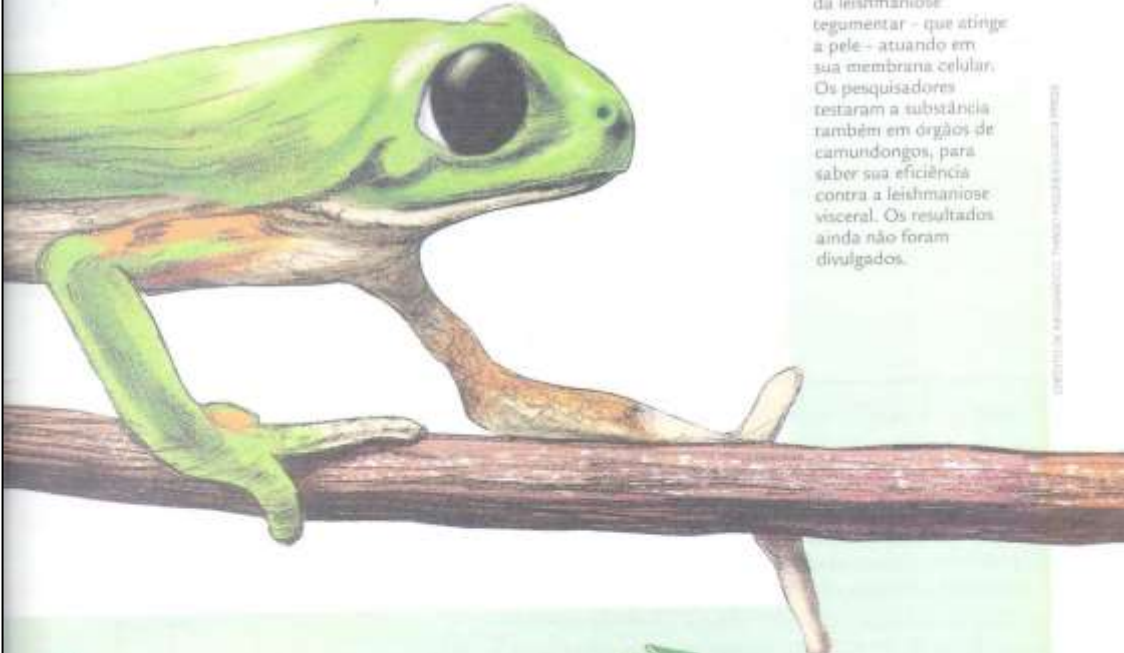
■ **Discuta com seus colegas:**

1. Como esse estudo demonstra que o conhecimento da biodiversidade brasileira pode ter influência na vida da população? Dê outros exemplos.
2. Que problemas podem ser causados pela exploração da biodiversidade para variados fins? Que cuidados devem ser tomados?
3. Pesquise sobre a leishmaniose, qual é a sua causa, seus sintomas, como ela é transmitida etc. Procure também informações sobre a ocorrência dessa doença em sua região. Apresente os dados obtidos para os colegas e discutam que outras medidas, além da busca de tratamentos, podem diminuir o impacto dessa doença na população brasileira.

3. Testes
Cada substância foi testada em células infectadas até ser destacada a de maior ação. Nessa fase, os pesquisadores identificaram a dermaseptina 01, que se mostrou muito mais potente que as demais substâncias na membrana celular.

4. Nanotecnologia
Após a descoberta da ação da dermaseptina 01, os pesquisadores desenvolveram um filme feito da goma de caju, para liberar a substância nas células doentes.

Testes
A substância conseguiu matar o protozoário da leishmaniose tegumentar - que atinge a pele - atuando em sua membrana celular. Os pesquisadores testaram a substância também em órgãos de camundongos, para saber sua eficiência contra a leishmaniose visceral. Os resultados ainda não foram divulgados.



3. Da goma é produzido um filme que se parece com um adesivo.

4. A dermaseptina 01 é incorporada ao filme.

5. O adesivo, que tem dimensões nanométricas, libera aos poucos a substância na célula infectada, combatendo a leishmania.

Fonte: PACHECO, Silva, Cidreira Cláudia - *Crânio Brasileiro: Atoque brasileiro contra a leishmaniose*. Brasília, 12 set. 2011.

Fundamentos de Ecologia • Unidade 8 209

FONTE: (BRÖCKELMANN, 2013, p. 209)

A coleção 7 tratou, de forma implícita, que as nanotecnologias foram utilizadas para a produção do nanofilme, portanto, a coleção não se referiu a nanotecnologia molecular.

As outras duas coleções que abordaram as nanotecnologias (coleções 4 e 6), explicaram especificamente sobre as nanotecnologias, e não sobre uma nanoestrutura como a coleção apresentada anteriormente.

Na coleção 4 as nanotecnologias apareceram como conteúdo do texto introdutório do capítulo, conforme mostra a FIGURAS 10 e 11. O texto *O mundo nanoscópico* (FIGURA 10) trata principalmente surgimento dos instrumentos que possibilitaram o melhor entendimento do *mundo nanoscópico*, do surgimento das nanotecnologias e do seu emprego na Biologia - no estudo das dinâmicas das organelas celulares - e da Medicina – para o tratamento de doenças.

Em seguida na segunda página sobre as nanotecnologias há um *box* intitulado *importância do assunto* (FIGURA 11), no qual as autores chamam a atenção para a maneira pela qual ocorre a interpretação deste mundo nanoscópico:

Graças a nossa capacidade imaginativa, podemos nos transportar – como ‘nanobservadores’ – para o interior da célula eucariótica, [...] Neste capítulo e nos dois próximos, vamos explorar esse universo nanoscópico (AMABIS; MARTHO, 2013, p. 187).

Assim, ao longo dos capítulos que se seguiram a tal trecho, os autores seguem informando a dimensão de organelas, tais como o diâmetro dos ribossomos (cerca de 30 nm) e dos microtúbulos (cerca de 25 nm). Desta forma, interpretou-se que os autores intencionaram que os alunos se sentissem como *nanobservadores* ao estudarem as células, assemelhando-se aos filmes de ficção científica em que pessoas são miniaturizadas e viajam no interior no corpo humano, mas, neste caso, os *nanobservadores* viajariam no interior das células. Além disso, os autores também explicam que “essa visualização não é feita com os olhos, e sim com a mente” (AMABIS; MARTHO, 2013, p. 187). Tal questão será discutida na seção posterior.

Neste sentido, os autores do livro didático em questão supostamente intencionaram construir junto ao leitor esta ideia de que as imagens e objetos concretos não são a base para a constituição do conhecimento em nanotecnologias e em Biologia Celular, mas sim o pensamento abstrato, o raciocínio.

FIGURA 10 - PRIMEIRA PÁGINA QUE ABORDA AS NANOTECNOLOGIAS NA COLEÇÃO 4

Capítulo 10

A arquitetura da célula eucariótica



A Ciência conta com uma nova aliada: a nanotecnologia. O desenvolvimento de nanomateriais e de nanopartículas tem dado grande contribuição para a Medicina e a Ecologia, entre outras áreas do conhecimento. Técnicas de nanotecnologia têm sido usadas no tratamento de doenças e na preservação ambiental. Na imagem, fibras de algodão (em amarelo) recobertas por nanopartículas que as protegem de água e sujeira. (Microscópio eletrônico; aumento = 11.200×; cores artificiais.)

O mundo nanoscópico

Em 1981, trabalhando em Zurique, na Suíça, os físicos Heinrich Rohrer (n. 1933) e Gerd Binnig (n. 1947) desenvolveram os princípios de um novo e revolucionário aparelho: o microscópio de tunelamento por varredura. Com esse microscópio é possível detectar o tamanho e a aparência tridimensional dos átomos. Pela invenção, a dupla de cientistas recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1986.

Para ter uma ideia do poder de ampliação do novo microscópio, seria como ampliar a imagem de uma bolinha de pingue-pongue ao tamanho da Terra. Você consegue calcular esse aumento? (Considere que o diâmetro da Terra é de aproximadamente 12.000 km e que o de uma bolinha de pingue-pongue é de 40 mm.)

Com a nova geração de microscópios, ultrapassamos os limites do mundo microscópico e chegamos ao mundo "nanoscópico", onde lidamos com objetos de poucos nanômetros de tamanho. Lembre-se de que 1 nanômetro equivale à bilionésima parte do metro (1 nm = 10^{-9} m).

Em uma memorável palestra proferida em 1959, o físico estadunidense Richard Feynman (1918-1988), Prêmio Nobel de Física em 1965, sugeriu que os cientistas dedicassem mais esforços ao mundo nanoscópico, realizando experimentos e intervenções no nível dos átomos e das moléculas. Alguns anos mais tarde, surgiu a nanotecnologia, que trabalha com a criação de aplicações tecnológicas em uma escala que vai de 1 nm a 100 nm, em média.

A nanotecnologia já tem diversas aplicações industriais e também parece promissora nas áreas da Biologia e da Medicina. Por exemplo, em meados dos anos 1990, o farmacologista estadunidense Volkmar Weissig descobriu que era possível produzir artificialmente pequenas bolsas membranosas de 50 nm de diâmetro, capazes de levar DNA (e outras substâncias) diretamente às mitocôndrias, as organelas responsáveis pela produção de energia nas células vivas. Ele talvez tenha pensado: E daí? O que alguém poderia fazer com isso? Poucos anos depois, pesquisas começaram a relacionar diversas doenças humanas a distúrbios dessas organelas. Hoje, um dos desafios da pesquisa farmacológica é levar drogas terapêuticas diretamente às mitocôndrias celulares.

186

FONTE: (AMABIS; MARTHO, 2013, p. 186)

FIGURA 11 - SEGUNDA PÁGINA QUE ABORDA AS NANOTECNOLOGIAS NA COLEÇÃO 4

A importância do assunto

Com a evolução da microscopia, aliada às descobertas no campo da bioquímica celular, os cientistas podem "visualizar" a célula viva em um novo patamar: o nível nanoscópico. Essa visualização não é feita com os olhos, e sim com a mente. No nanoambiente há diversas estruturas – as organelas celulares – que criam condições para as interações moleculares necessárias à vida. Essas interações constituem o metabolismo, como vimos anteriormente.

Graças à nossa capacidade imaginativa, podemos nos transportar – como "nanobservadores" – para o interior da célula eucariótica, um intrincado labirinto de membranas onde se deslocam partículas, fibras, túbulos, bolsas membranosas e moléculas de diversos tipos. Ao analisar a estrutura e a função de cada componente celular, compreendemos melhor por que o metabolismo é um conjunto de interações moleculares que se passa no interior da célula. Neste capítulo e nos dois próximos, vamos explorar esse universo nanoscópico.

10.1 Construindo o modelo atual de célula

O conceito de célula como unidade básica da vida começou a ser construído a partir da década de 1840, quando foram aceitos os fundamentos da teoria celular.

A teoria celular parece-nos hoje tão óbvia que às vezes subestimamos sua importância para a Biologia. Pessoas, minhocas, cogumelos, alfaces e bactérias, por exemplo, são todos constituídos pelo mesmo "tijolo" biológico básico – a célula.

É verdade que há diferenças entre as células dos diversos organismos e também entre células de um mesmo organismo. As maiores diferenças são encontradas entre as bactérias, que apresentam célula procariótica, destituída de núcleo e de organelas membranosas e os demais seres vivos, que têm células eucarióticas. A presença de plastos no citoplasma das células vegetais as diferencia das células animais. Como veremos adiante, as células vegetais também são dotadas de uma parede celular, ausente nas células animais.

Apesar das diferenças, uma análise dos aspectos celulares essenciais mostra que todas as células eucarióticas partilham a mesma estrutura básica e funcionam de modo muito parecido. Neste e nos dois próximos capítulos estudaremos justamente esses aspectos fundamentais da estrutura e do metabolismo dessas células. (Fig. 10.1)

Figura 10.1 Um exame das características mais evidentes das células, como tamanho, forma, padrões de movimento etc., revela a grande diversidade de tipos celulares existentes em um mesmo organismo. (Elementos fora de proporção de tamanho entre si; cores-fantasia.)

A tridimensionalidade da célula viva

Quem já teve a oportunidade de observar cortes de células ao microscópio fotônico pode ter ficado um pouco decepcionado. O que se vê na lâmina de microscopia está bem distante das belas ilustrações coloridas e tridimensionais das células dos livros didáticos. Por quê?

Em primeiro lugar, essa diferença ocorre por limitações das técnicas e dos aparelhos de observação microscópica. Como vimos no capítulo anterior, antes de observar as células temos de matá-las e fixá-las, tentando preservar ao máximo suas estruturas. Em seguida, precisamos obter fatias celulares muito finas – os cortes histológicos – que permitam a passagem da luz através deles, nos microscópios fotônicos, ou de feixes eletrônicos, nos microscópios eletrônicos de transmissão.

187

Em relação à distinção entre nanotecnologias e nanotecnologia molecular, os autores do livro didático da coleção 4 abordaram a primeira e citaram brevemente a segunda. As nanotecnologias foram evidenciadas quando o texto menciona o desenvolvimento do microscópio de tunelamento por varredura e sua capacidade de “detectar o tamanho e a aparência tridimensional dos átomos” (AMABIS; MARTHO, 2013, p. 186), sem, no entanto, mencionar a capacidade de manipulação de átomos e moléculas. Além disso, mencionam a produção de “bolsas membranosas de 50nm” e sua aplicabilidade farmacêutica. Quando os autores citaram que Feynman em 1956 “sugeriu que os cientistas dedicassem mais esforços ao mundo nanoscópico, realizando experimentos e intervenções no nível dos átomos e das moléculas” (p. 186), interpretou-se que estariam indicando que tal *intervenção* corresponderia à nanotecnologia molecular, mas de forma não explícita. Assim, a coleção 4 tratou mais das nanotecnologias como instrumentos de compreensão para o *mundo nanoscópico*.

A coleção 6 apresentou dois textos em um *box*, conforme consta nas FIGURAS 12 e 13 . O primeiro texto intitulado *Nanotecnologia em evidência* foi adaptado do livro intitulado *Aplicações da Física Quântica: do transistor a nanotecnologia*, de Valadares, Chaves e Alves (2005) e no segundo texto nomeado *Como a nanotecnologia já está revolucionando a Medicina* não consta a fonte original e, portanto, interpreta-se que são dos próprios autores.

O primeiro texto (FIGURA 12) iniciou chamando a atenção para a presença *com frequência* das palavras nanociência e nanotecnologia na mídia e para as aplicações no cotidiano à época (2005). Posteriormente tratou das aplicações das nanotecnologias na medicina, da revolução decorrente de tal tecnologia e da interdisciplinaridade da temática, envolvendo “a Física, a Química, a Ciência dos materiais, a Biologia e a Engenharia Elétrica” (VALADARES; CHAVES; ALVES, 2005 *apud* FAVARETTO, 2013, p. 50). Assim, o autor destaca o papel das nanotecnologias como possibilidade de maior compreensão da vida.

Graças aos avanços da nanociência e da nanotecnologia, pela primeira vez é possível estudar as propriedades dos componentes

básicos dos seres vivos e, assim, abordar em condições talvez mais favoráveis aquele que é o maior de todos os desafios científicos: a compreensão da vida (VALADARES; CHAVES; ALVES, 2005 apud FAVARETTO, 2013, p. 50)

Este trecho selecionado pelo autor do livro didático revela possíveis interações entre as nanotecnologias e a Biologia. Para finalizar o primeiro texto o autor também apresenta os instrumentos que possibilitaram o desenvolvimento das nanotecnologias, bem como os criadores de tais instrumentos.

O segundo texto (FIGURA 13) apresentou uma problemática em relação às pessoas que têm hipertensão arterial e necessitam do monitoramento cotidiano da pressão sanguínea, o qual se torna trabalhoso devido aos instrumentos disponíveis para tal procedimento. Em seguida o texto informou que já há equipamentos baseados em nanotecnologias que facilitam a vida destas pessoas, pois são implantados sob a pele, monitoram a pressão automaticamente e enviam os resultados ao computador do médico. Posteriormente no *box* do livro didático há uma imagem seguida por duas atividades, as quais serão discutidas posteriormente.

Na coleção 6 a manipulação de átomos e moléculas relativa à nanotecnologia molecular foi mencionada duas vezes apenas no primeiro texto extraído de Valadares, Chaves e Alves (2005). Tais menções foram grifadas nos trechos a seguir.

O lado atualmente mais visível da nanotecnologia está ligado ao desenvolvimento de novos materiais avançados, à síntese controlada de “moléculas gigantes” (macromoléculas) com propriedades inéditas, ao desenvolvimento de medicamentos (fármacos) mais eficientes e seguros e a uma grande variedade de outros avanços extraordinários com base na manipulação da matéria em escala atômica (grifos nossos).

A nanociência e nanotecnologia tornaram-se possíveis graças a dois avanços decisivos. O primeiro deles está associado à invenção de instrumentos de visualização e manipulação da matéria [...].

Além da nanotecnologia molecular, as nanotecnologias foram também mencionadas, por exemplo, no desenvolvimento dos atuais medicamentos *mais eficientes* baseados em nanopartículas, conforme trecho apresentado anteriormente.

Assim, nas coleções 4 e 6 parece não haver cuidado em relação a essa distinção, o que pode gerar um equívoco, pois ao explicar que a nanotecnologia só foi possível ou desenvolveu-se a partir da possibilidade de manipulação de átomos, pode dar a entender que todas as aplicações das nanotecnologias mencionadas foram originadas a partir dessa manipulação. Produtos que empregam nanopartículas em sua produção são considerados nanotecnológicos, embora tais nanopartículas não tenham sido fruto de manipulação atômica. Assim, é necessário esclarecer que as nanopartículas podem ser produzidas por abordagens *top down*, por exemplo, e que nem todas as nanotecnologias advêm da manipulação de átomos e moléculas.

FIGURA 12 - PRIMEIRA PÁGINA QUE ABORDA AS NANOTECNOLOGIAS NA COLEÇÃO 6

CONEXÕES

A NANOTECNOLOGIA EM EVIDÊNCIA



Bem-vindo ao mundo nano! A imagem feita com microscópio de varredura mostra o núcleo de um micromotaz, sobre o qual está um exemplar do gênero *Radolena* (protostóico). (Ampliação de 55 vezes.)

Nos últimos anos, o termo nano tem aparecido com frequência na mídia, associado às palavras nanociência e nanotecnologia. Nem sempre o que é divulgado tem base científica. [...] Realisticamente, temos hoje dispositivos eletrônicos ou eletromecânicos de dimensões nanométricas, também conhecidos como sistemas nanométricos eletromecânicos obtidos por nanofabricação. [...]

[O nanômetro é uma unidade de comprimento equivalente à bilionésima parte de um metro, ou seja:

$$1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}]$$

O lado atualmente mais visível da nanotecnologia está ligado ao desenvolvimento de novos materiais avançados, à síntese controlada de "moléculas gigantes" (macromoléculas) com propriedades inéditas, ao desenvolvimento de medicamentos (fármacos) mais eficientes e seguros e a uma grande variedade de outros avanços extraordinários com base na manipulação da matéria em escala atômica.

Estamos no limiar de uma verdadeira revolução tecnológica, cuja evolução deverá abranger décadas, com um impacto que provavelmente deverá superar o de todas as revoluções técnicas do passado. Dela resultarão materiais inéditos, grandes avanços na medicina e na farmacologia, métodos muito mais eficientes para a indústria química e petroquímica, computadores com um grau de sofisticação e complexidade sem precedentes — provavelmente baseados em outros princípios físicos —, maior eficiência no uso de energia, grandes inovações na área do meio ambiente e vários outros avanços que podemos apenas vislumbrar.

A nanociência e a nanotecnologia têm um caráter interdisciplinar, envolvendo principalmente a física, a química, a ciência dos materiais, a biologia e a engenharia elétrica. [...]

No nanomundo, os fenômenos de natureza quântica se manifestam com frequência de forma surpreendente. Graças aos avanços da nanociência e da nanotecnologia, pela primeira vez é possível estudar as propriedades dos componentes básicos dos seres vivos e, assim, abordar em condições talvez mais favoráveis aquele que é o maior de todos os desafios científicos: a compreensão da vida. [...]

A nanociência e a nanotecnologia tornaram-se possíveis graças a dois avanços decisivos. O primeiro deles está associado à invenção de instrumentos de visualização e manipulação da matéria, chamados microscópios de varredura por sonda. O outro fator decisivo foi o desenvolvimento de equipamentos capazes de produzir filmes sólidos com controle de espessura em escala atômica.

Os microscópios de varredura por sonda são variações do microscópio eletrônico de tunelamento inventado em 1981 por Gerd Binnig e Heinrich Rohrer. Por essa invenção, Binnig e Rohrer compartilharam o Prêmio Nobel de Física de 1986 com Ernst Ruska, o inventor do microscópio eletrônico.

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

Como a nanotecnologia já está revolucionando a Medicina

O controle da hipertensão arterial (popularmente, "pressão alta") exige muita paciência de médicos e dos pacientes. Muitas vezes, o ajuste da medicação para cada pessoa é demorado, podendo levar semanas ou meses, durante os quais medidas de pressão arterial devem ser feitas diariamente ou, em muitos casos, várias vezes ao dia.

50

FONTE: Amostra online⁴⁷ (FAVARETTO, 2013, p. 50)

⁴⁷ Disponível em: <http://issuu.com/editora-saraiva/docs/biologia_unidade_e_diversidade1/3>. Acesso em: 12/07/2015

FIGURA 13 - SEGUNDA PÁGINA QUE ABORDA AS NANOTECNOLOGIAS NA COLEÇÃO 6



O método usual é a medição por um profissional de saúde, o que requer o deslocamento do profissional até a residência do paciente, ou a ida deste ao posto de atendimento.

Os equipamentos automatizados de medição periódica da pressão arterial consistem em uma braçadeira inflável conectada a um compressor e a um manômetro. Periodicamente (três ou quatro vezes ao dia, ou até mais vezes), a braçadeira infla automaticamente, enquanto o manômetro registra o valor da pressão arterial. O uso desses equipamentos é desconfortável, principalmente à noite.

Já se encontra disponível um equipamento eletrônico desenvolvido com os recursos da nanotecnologia. Trata-se de um minúsculo sensor, com menos de um milímetro de diâmetro, introduzido na artéria femoral, onde permanece. Uma vez instalado, o sensor pode avaliar a pressão arterial com frequência de até 30 medições por segundo. Por meio de um finíssimo cabo elétrico, o sensor intra-arterial é conectado a um aparelho de transmissão implantado sob a pele da virilha. Este transmissor pode ser conectado a um computador e, via internet, as informações sobre a pressão arterial do paciente são enviadas em tempo real ao consultório médico.



Sensor intra-arterial de pressão sobre a ponta do dedo de uma pessoa.



Sobre este tema, faça o que se propõe:

A nanotecnologia representa uma área para a qual convergem as atenções e o trabalho de pesquisadores de diversas disciplinas, como a física, a química, a informática, a medicina, a economia, a administração de empresas e muitas outras. Por se tratar de um campo de investigação absolutamente novo, ainda é muito nebuloso o cenário de suas potencialidades e implicações, tanto econômicas como sociais e éticas.

1. Pesquise a respeito de possíveis aplicações da nanotecnologia no tratamento de doenças humanas, e traga seus achados para discussão em classe.
2. A nanotecnologia coloca-nos diante de dilemas éticos. Teoricamente, é possível prever o desenvolvimento de processos capazes de tornar as pessoas mais fortes ou mais inteligentes, dotá-las de visão muito mais aguçada ou retardar os processos de envelhecimento. Considerando os elevados custos de toda inovação tecnológica, o acesso estaria disponível apenas aos que tivessem melhores condições financeiras; assim, poderíamos ver surgir um grupo de pessoas que, além de mais ricas, poderiam se beneficiar da tecnologia, tornando-se ainda mais privilegiadas. Considerando que muitas pesquisas são desenvolvidas em universidades e centros de pesquisa mantidos com verbas públicas, que considerações éticas podem ser levantadas?

51

FONTE: Amostra *online* (FAVARETTO, 2013, p. 51)

5.2.3.2 Conteúdo visual

Considerou-se importante explicitar alguns pressupostos utilizados para a análise das imagens presentes nos livros didáticos antes de discuti-las.

O mundo em nanoescala é conhecido mais pelas imagens e abstrações do que com os nossos próprios olhos. Neste sentido Lopes (1999), apoiada em Bachelard, afirma que:

com o advento da Mecânica Quântica – a Física do mundo submicroscópico – a equivalência entre ver e conhecer se destrói. De nada nos adiantaria ter super-olhos para enxergar esse novo mundo, pois conhecemos com a razão e as imagens devem ser entendidas como modelos de raciocínio, nunca como reflexos do real (LOPES, 1999, p. 195).

Portanto, há necessidade de dissociação entre a imagem e o objeto que pretende representar, fugindo de um *efeito “realístico”* (SILVA et al., 2006, p. 221). Estes autores afirmam que as imagens não são transparentes, não representam o objeto, daí a necessidade de tal dissociação, que também deve ocorrer quando se tratam de imagens obtidas por microscópio, pois apesar destas imagens serem fotomicrografias⁴⁸, geralmente os objetos submetidos a estes instrumentos precisam passar por um processo de preparação para que as imagens possam ser obtidas, ainda mais amostras biológicas.

Em relação às imagens dos livros didáticos analisadas, as 3 coleções que trazem textos nos livros dos alunos também os ilustram com imagens. A imagem da coleção 4 é uma fotomicrografia e consta na FIGURA 14.

⁴⁸ Fotomicrografias são fotografias obtidas a partir de microscópios.

FIGURA 14 - IMAGEM QUE ILUSTROU O TEXTO DA COLEÇÃO 4



FONTE: (AMABIS; MARTHO, 2013, p. 186)

A legenda desta imagem apresenta uma mediação ao informar que se trata de uma imagem de fibras de algodão recobertas por nanopartículas, obtida por meio de um microscópio eletrônico, e colorida artificialmente:

A Ciência conta com uma nova aliada: a nanotecnologia. O desenvolvimento de nanomateriais e de nanopartículas tem dado grande contribuição para a Medicina e a Ecologia, entre outras áreas do conhecimento. Técnicas de nanotecnologia têm sido usadas no tratamento de doenças e na preservação ambiental. Na imagem, fibras de algodão (em amarelo) recobertas por nanopartículas que as protegem de água e sujeira. (Microscópio eletrônico; aumento \approx 11.200X; cores artificiais) (AMABIS; MARTHO, 2013, p. 186).

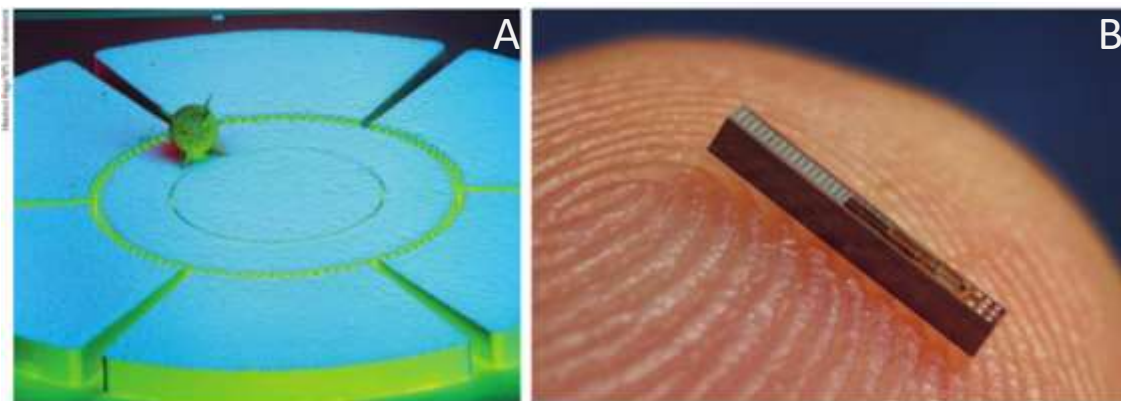
Tal legenda apresenta algo que não foi mencionado no texto: as nanotecnologias estão relacionadas à Ecologia, à preservação ambiental.

Considerou-se que tal imagem é significativa por estar relacionada a um objeto do cotidiano do aluno, o algodão. Esta relação é essencial para que o estudante possa construir uma representação do quão pequeno são as nanopartículas. Além disso, a imagem representa um novo produto das nanotecnologias, o algodão impermeável. O livro não traz o uso que se pode fazer deste material e também não associa a impermeabilidade como resultante das propriedades distintas dos nanomateriais.

Não foi identificada conexão entre o texto e a imagem, ou seja, são eles são independentes, bem como não há relação entre o conteúdo escolar estudado (células) e a imagem apresentada anteriormente. Considerando que geralmente as imagens ilustram ideias trabalhadas nos textos a fim de ampliar a compreensão pelos alunos, a não correlação entre texto e imagem poderia dificultar tal processo.

Em relação à coleção 6, as imagens constam na FIGURA 15. A imagem *A* ilustra o primeiro texto e a imagem *B* ilustra o segundo texto presente nesta coleção.

FIGURA 15 - IMAGENS QUE ILUSTRARAM OS TEXTOS SOBRE NANOTECNOLOGIAS NA COLEÇÃO 6



FONTE: Adaptado de FAVARETTO, 2013, p. 50- 51.

A legenda da imagem *A* da FIGURA 15, que ilustra o texto *A nanotecnologia em evidência*, afirma:

Bem vindo ao mundo nano! A imagem feita com microscópio de varredura mostra o núcleo de um micromotor, sobre o qual está um exemplar do gênero *Radiolaria* [protozoário] (ampliação de 95 vezes) (FAVARETTO, 2013, p. 50).

A fotomicrografia da imagem *A* não tem relação com o conteúdo do texto intitulado “nanotecnologia em evidência” e considera-se que pouco contribui com a construção da interpretação do estudante em relação à dimensão em nanoescala, pois a imagem traz um micromotor e um protozoário, dois elementos que não são comumente conhecidos pelos estudantes.

Já a imagem *B* da FIGURA 15 é supostamente uma macrofotografia⁴⁹ e ilustra o segundo texto “Como a nanotecnologia já está revolucionando a medicina”. A legenda desta imagem afirma que: “Sensor intra-arterial de pressão sobre a ponta do dedo de uma pessoa” (FAVARETTO, 2013, p. 51). Tal imagem, por estar comparada a algo conhecido (a ponta de um dedo) elucida melhor a dimensão do micro-objeto (micromotor) que incorpora nanoestruturas. Supondo por meio da imagem que tal dispositivo tem no máximo 5 mm isso significa que ele possui, 5 000 micrômetros e 5 000 000 nanômetros. Portanto, não é um dispositivo em nanoescala, mas supostamente deve ser composto por nanoestruturas. A dimensão exata do sensor intra-arterial não foi revelada e pode gerar um equívoco se o leitor supuser que tal sensor é nanométrico.

No infográfico da coleção 7 há um esquema do que indica ser um *nanofilme*, conforme a FIGURA 16.

FIGURA 16 - MONTAGEM DOS ESQUEMAS QUE ILUSTRAM O NANOFILME NO INFOGRÁFICO DA COLEÇÃO 7



FONTE: Adaptado de BRÖCKELMANN, 2013, p. 208- 209

⁴⁹ Macrofotografia “é um ramo da fotografia voltada aos pequenos objetos, mostrando aos nossos olhos detalhes muitas vezes invisível a olho nu” e é obtida por meio de uma câmara fotográfica com lentes especiais. Disponível em: <<http://www.macrofotografia.com.br/artigos/macrofotografia.shtml>> Acesso em: 10/02/2016

As imagens do infográfico são esquemas que representam os nanofilmes, os quais apareceram em dois esquemas: no primeiro não se pode ver o nanofilme, mas é indicado que ele está aderido à extremidade de um instrumento segurado por uma mão humana e supôs-se que este esquema está em escala; no segundo esquema o nanofilme aparece como paralelepípedo sendo impregnado por proteínas e em seguida liberando-as em direção às células. Nesta última, a dimensão do nanofilme pode ser comparada à das células, no entanto, pelo tamanho das proteínas em relação à célula, supôs-se que as estruturas não estão em escala. Assim, neste infográfico foi realizada uma exposição sobre a produção e uso deste nanofilme.

Em síntese, as imagens que ilustraram os textos e infográfico envolvendo as nanotecnologias nos livros didáticos foram majoritariamente fotomicrografias, mas também esquemas e, supostamente, uma macrofotografia. Além disso, metade das imagens não tem relação explícita com o texto. A maioria destas imagens são sempre comparativas, ou seja, apresentam as nanoestruturas comparadas a alguma outra estrutura que supostamente deve ser conhecida pelo estudante. Destacou-se também a importância das estruturas estarem em escala para que haja compreensão adequada da dimensão de nanoestruturas, mas se isso não for possível, tal característica deve ser indicada.

Assim como discute Silva (2006), as imagens no contexto escolar podem estar mais próximas ao conhecimento científico ou ao cotidiano. A maioria das imagens analisadas aproximou-se do conhecimento científico, pois não há identificação espontânea do objeto da imagem, sendo necessária a leitura da legenda para que a interpretação científica do objeto ocorra. Por outro lado há aproximação ao cotidiano quando as imagens trazem elementos deste cotidiano, como por exemplo, a fibra de algodão ou a extremidade de um dedo humano.

A fotomicrografia da fibra de algodão recoberta por nanopartículas foi apresentada pela autora desta pesquisa a uma turma de estudantes de

licenciatura em Ciências Biológicas. Tais estudantes manifestaram ao menos dois modos de leitura, conforme Silva *et al* (2006), dentre eles o *descritivo*, por exemplo, quando os estudantes explicaram ver “dois tubos cobertos por bolinhas” e também identificou-se a *produção de outros sentidos* quando eles afirmaram que a imagem representava algo “sujo”, “empoeirado” ou ainda “encracado”, “coberto por cracas”, ou seja, coberto pelos animais chamados de cracas, relacionando a algo conhecido por eles.

Portanto, é necessário ter *cautela* em relação ao uso de imagens do ensino de Ciências, pois elas não são transparentes e necessitam da mediação do professor, conforme discutem Silva *et al* (2006), especialmente quando são relativas às nanotecnologias. Neste sentido, Silva (2006) propõe que nas aulas de ciências sejam trabalhados tanto imagens próximas ao cotidiano quanto aquelas relacionadas aos conhecimentos científicos a fim de evidenciar a ruptura entre ciência e cotidiano, assim como foi discutida tal ruptura no Capítulo I.

5.2.3.3 Atividades Didáticas

Duas coleções propuseram atividades didáticas que envolvem pesquisa por parte dos estudantes. A coleção 2 propôs no manual do professor que ele solicite aos alunos pesquisas sobre as *possíveis contribuições* dos nanorrobôs *ao ser humano*, conforme trecho a seguir:

Solicite aos alunos que pesquisem a respeito dos nanorrobôs e suas possíveis contribuições ao ser humano. Oriente-os a comparar suas dimensões com as de células humanas. Os professores de Física poderão participar dessa atividade, discutindo com os alunos o funcionamento geral dos nanorrobôs. Se for pertinente, os professores de Matemática poderão também participar da atividade, orientando os alunos a compararem as dimensões dos nanorrobôs com as das células, utilizando fórmulas de área e volume de figuras geométricas. (MENDONÇA, 2013, p. 63, grifo nosso).

A autora aproximou as aplicações das nanotecnologias do contexto escolar por meio da relação entre os nanorrobôs e o estudo das dimensões das células humanas e suas aplicações médicas. A obra também sugeriu que os

professores de Física e de Matemática participem da atividade, estimulando o desenvolvimento da interdisciplinaridade *entre* professores, conforme categoria elaborada por Berti (2007).

Já a coleção 6 sugeriu o seguinte enunciado no final do *box* que traz dois textos e duas imagens, discutidos anteriormente:

Sobre esse tema, faça o que se propõe:

A nanotecnologia representa uma área para a qual convergem as atenções e o trabalho de pesquisadores de diversas disciplinas, como a física, a química, a informática, a medicina, a economia, a administração de empresas e muitas outras. Por se tratar de um campo de investigação absolutamente novo, ainda é muito nebuloso o cenário de suas potencialidades e implicações, tanto econômicas como sociais e éticas.

1. Pesquise a respeito das possíveis aplicações da nanotecnologia no tratamento de doenças humanas, e traga seus achados para a discussão em classe.
2. A nanotecnologia coloca-se diante de dilemas éticos. Teoricamente, é possível prever o desenvolvimento de processos capazes de tornar as pessoas mais fortes ou mais inteligentes, dotá-las de visão muito mais aguçada ou retardar os processos de envelhecimento. Considerando os elevados custos de toda inovação tecnológica, o acesso estaria disponível apenas aos que tivessem melhores condições financeiras; assim, poderíamos ver surgir um grupo de pessoas que, além de mais ricas, poderiam se beneficiar da tecnologia, tornando-se ainda mais privilegiadas. Considerando que muitas pesquisas são desenvolvidas em universidades e centros de pesquisa mantidos com verbas públicas, que considerações éticas podem ser levantadas? (FAVARETTO, 2013, p.51, grifos nossos).

Esta coleção 6 sugere uma pesquisa individual sobre as aplicações médicas das nanotecnologias, uma discussão em classe sobre tais aplicações e um levantamento de questões éticas relacionadas ao desenvolvimento e uso destas aplicações.

Percebe-se a intencionalidade, no enunciado da atividade, de explicitar que as nanotecnologias ainda estão se consolidando: “ainda é muito nebuloso o cenário de suas potencialidades e implicações, tanto econômicas como sociais e éticas” (FAVARETTO, 2013, p.51), construindo a ideia de que a ciência e tecnologia são dinâmicas. Além disso, é uma evidência de que não somente aquilo que é consenso no campo científico e tecnológico pode ser inserido no contexto escolar.

O manual do professor da coleção 6 traz orientações em relação ao desenvolvimento da atividade didática proposta:

1. Professor, organize um painel com os resultados trazidos pelos alunos e procure identificar regularidades e pontos comuns. Para os casos mais citados, procure enfatizar aspectos éticos e econômicos, dificuldades técnicas, etc.
2. Professor, ouça as opiniões dos alunos e liste os pontos centrais destacados, abrindo para discussão. (FAVARETTO, 2013, p. 372).

Assim, tais orientações sugerem que o professor sistematize as informações trazidas pelos estudantes e oriente a discussão em classe.

Em suma, tanto a coleção 2 quanto a 6 sugeriram pesquisas relacionadas às aplicações médicas das nanotecnologias, com destaque à coleção 6, na qual a pesquisa seria discutida em classe e acompanhada pelo questionamento ético do uso destas aplicações.

No entanto, pela localização de ambas as atividades didáticas, estas não constituem atividades “essenciais”, pois são sugeridas como atividades complementares de um capítulo no manual do professor e como atividades dentro de um *box* no final de um capítulo no livro do aluno.

Como considerações finais da análise dos livros didáticos, destaca-se que dentre os 28 analisados, apenas 4 abordaram ou mencionaram as nanotecnologias. Isso por um lado evidencia que a temática investigada está sendo eleita por alguns autores de livros didáticos como um conhecimento escolar, mas tal eleição ocorreu com baixa frequência (14%). Há uma tendência de que os livros abordem e expliquem sobre as nanotecnologias ou questões relacionadas a elas.

Em relação ao espaço ocupado pela maioria dos textos e pelas atividades, apenas uma das obras inseriu os conhecimentos em nanotecnologias em um local de destaque, ou seja, no texto introdutório de um capítulo. Inserir em quadros isolados do corpo do texto torna a temática “marginalizada” e também confere um caráter de *leitura complementar* e de *curiosidade* (NASCIMENTO; ALVETTI 2006, p. 33) à temática. Neste sentido,

as nanotecnologias na maioria dos livros didáticos analisados têm caráter ilustrativo, de apêndice, de curiosidade, é pontual, assim como também ocorre com outros temas científicos contemporâneos (NASCIMENTO; ALVETTI, 2006)

Tais evidências podem indicar que as nanotecnologias estão a caminho de se tornar um conhecimento escolar na disciplina de Biologia, pois já estão presentes em alguns livros didáticos como um *saber a ensinar*, embora ainda com caráter *complementar*. A seguir analisa-se como o conhecimento escolar em nanotecnologias está se constituindo nestes materiais.

5.2.4 Análises da construção do *saber a ser ensinado* relativa aos conhecimentos em nanotecnologias

Nesta seção são comparadas as inserções das nanotecnologias em livros didáticos do PNLD 2012, segundo Paulini-Jesus e Asinelli-Luz (2013), e as obras do PNLD 2015 analisadas na presente pesquisa. Também se buscaram as similaridades entre as coleções do PNLD 2015 analisadas a fim de identificar algumas tendências. Além disso, a constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias nos livros didáticos foi avaliada segundo critérios de análise, os quais serão apresentados a seguir. Também são discutidas as estratégias de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no ensino de Biologia.

Entre as coleções do PNLD 2012 ocorreram menções ao termo *nanopartículas* em duas coleções (PAULINI-JESUS, ASINELLI-LUZ, 2013), sem seções que tratavam das nanotecnologias. Já em obras do PNLD 2015 duas trouxeram seções específicas, em *box* e em textos introdutórios de capítulos. Outra novidade foram as sugestões de atividades didáticas, no livro do aluno e no manual do professor, conforme discutido anteriormente.

Nos livros didáticos do PNLD 2012 as nanopartículas foram mencionadas em seções destinadas ao estudo da Genética, diferentemente

dos livros do PNLD 2015, nos quais a temática foi citada ou abordada numa seção sobre Ecologia e nos capítulos relativos à Biologia Celular.

As similaridades no conteúdo podem indicar as informações mínimas para constituição do conhecimento escolar relativo às nanotecnologias. Alguns pontos foram comuns entre as coleções. As coleções 2 e 7 mencionaram os termos *nanorrobôs* e *nanofilme*, respectivamente, sem explicá-los, e associaram as nanotecnologias às aplicações em tratamentos médicos.

Também há pontos em comum nos textos apresentados pelas coleções 4 e 6. Ambas mencionaram ao longo do texto a equivalência entre nanômetro e o metro, a produção e função de Microscópios de Varredura, o Prêmio Nobel da Física de 1986 concedido à Heinrich Rohrer e Gerd Binnig pela criação deste microscópio e o emprego das nanotecnologias no tratamento de doenças.

Estes pontos em comum são importantes à compreensão das nanotecnologias, pois auxiliam na compreensão da escala nanométrica e do desenvolvimento destas tecnologias. A partir disso, buscou-se compreender como vem sendo construído os conhecimentos escolares em nanotecnologias no livros didáticos de Biologia por meio de critérios de análise discutidos a seguir.

Os critérios para análise da constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias nos livros didáticos foram estabelecidos *a priori* e baseados no referencial teórico e nas análises da revisão bibliográfica. Tais critérios foram: i) interdisciplinaridade; ii) estratégias de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias; iii) abordagem problematizada no ensino das nanotecnologias e iv) modalidade de constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias.

i) interdisciplinaridade

Vale ressaltar que a interdisciplinaridade é um critério de avaliação comum a todas as obras que são avaliadas pelo PNLD 2015, independente de disciplina, e também um critério eliminatório específico da área de Ciências da natureza, conforme salientado no Guia do Livro Didático do PNLD 2015 (BRASIL, 2014).

O conceito da interdisciplinaridade foi considerado aqui tanto como perspectiva para o ensino das nanotecnologias, ou seja, ensina-las sob o ponto de vista de várias ciências, quanto uma característica constitutiva das nanotecnologias, pois são construídas a partir de conhecimentos de diversas áreas.

Uma coleção ressaltou explicitamente a interdisciplinaridade na constituição das nanotecnologias e outra indicou que ela pode ser trabalhada com a colaboração de professores de diferentes disciplinas.

A coleção 6 destacou a interdisciplinaridade em dois momentos: no texto, afirmando que as nanotecnologias envolvem “principalmente a Física, a Química, a Ciência dos materiais, a Biologia e a Engenharia Elétrica” (VALADARES; CHAVES; ALVES, 2005 *apud* FAVARETTO, 2013, p. 50), e no enunciado da atividade didática proposta:

A nanotecnologia representa uma área para a qual convergem as atenções e o trabalho de pesquisadores de diversas disciplinas, como a física, a química, a informática, a medicina, a economia, a administração de empresas e muitas outras. (FAVARETTO, 2013, p. 51).

Portanto a coleção 6 indicou duas vezes a interdisciplinaridade das nanotecnologias.

Já a coleção 2 indicou que a atividade complementar sobre nanorrobôs pode envolver os professores de Matemática e de Física, além da Biologia. Interpretou-se que a *interdisciplinaridade entre professores*, conforme propõe Berti (2007), foi considerada por esta coleção.

O caráter interdisciplinar não foi destacado na coleção 4, apesar de várias áreas de conhecimento aparecerem de forma dispersa ao longo do texto desta coleção. Mencionou-se os trabalhos, prêmios e contribuições de Físicos, afirmou-se que as nanotecnologias são promissoras nas áreas de Biologia e Medicina e que também contribuem com a Ecologia (afirmação contida na legenda da imagem). Por não destacar o caráter interdisciplinar explicitamente, considerou-se que esta coleção não evidenciou a interdisciplinaridade da temática em questão.

Portanto, a interdisciplinaridade esteve presente em metade das coleções analisadas (n=2), tendo sido empregada tanto para indicar o caráter de desenvolvimento e aplicação das nanotecnologias, quanto na sugestão de atividade didática.

ii) estratégias de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na disciplina de Biologia

Considerou-se que as estratégias de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no ensino de Biologia são as maneiras encontradas tanto pelos livros didáticos quanto pelos docentes para implementar ou sugerir tal inserção. Estas estratégias foram elaboradas a partir da análise tanto dos livros didáticos quanto das falas dos professores colaboradores, portanto, tais formas são comuns a ambas as instâncias. Quatro estratégias desta inserção foram identificadas e nomeadas: exemplificação, exposição, pesquisa e debate.

Considerou-se como *exemplificação* quando os conhecimentos em nanotecnologias foram inseridos como um exemplo do conteúdo escolar trabalhado. Por exemplo, quando a coleção 4 citou as nanotecnologias como tecnologias que possibilitam uma melhor compreensão na dinâmica e estrutura das células.

A *exposição* sobre o tema ocorreu quando se explicam, caracterizam e/ou apresentam as nanotecnologias ou algum tópico a ela relacionado, como por exemplo, ocorreu na coleção 6. A exposição ocorreu por meio de trechos

de textos de divulgação científica e também de textos elaborados pelos próprios autores dos livros didáticos.

Na estratégia *pesquisa*, os livros didáticos e professores sugeriram que as nanotecnologias ou algum tópico relacionado a elas seja pesquisado pelos estudantes, como na coleção 2.

Foram considerados como *debates* quando os alunos são explicitamente convidados a participarem das discussões, nas quais as suas opiniões são expostas, exploradas e consideradas para a constituição do conhecimento em sala de aula, como sugerido pela coleção 6.

Os livros didáticos adotaram as 4 estratégias de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na disciplina de Biologia discutidas anteriormente. Os resultados estão sistematizados no QUADRO 8, que também indica a frequência em que estas foram identificadas nos livros didáticos analisados.

QUADRO 8 - ESTRATÉGIAS DE INSERÇÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS EM LIVROS DIDÁTICOS DE BIOLOGIA
(-) ausente (+) presente

COLEÇÃO	DEBATE	EXEMPLIFICAÇÃO	EXPOSIÇÃO	PESQUISA
2	-	-	-	+
4	-	+	+	-
6	+	-	+	+
7	-	-	+	-

FONTE: A autora (2016).

Todas as estratégias identificadas foram eleitas pelos livros didáticos para constituição dos conhecimentos escolares em nanotecnologias. Identificou-se a tendência em utilizar a estratégia *exposição* nos livros didáticos analisados. A exposição realizada pelas coleções 4 e 6 ocorreu por meio de textos, os quais foram elaborados pelos próprios autores ou foram extraídos de textos de divulgação científica. Já a exposição na coleção 7 ocorreu por meio de um infográfico que explicou como ocorreu a produção do *nanofilme* utilizado em um tratamento médico.

Além disso, algumas coleções empregaram mais de uma estratégia, variando de 1 até 3 modalidades na mesma coleção, revelando que pode haver um pluralismo em relação às estratégias adotadas pelos livros didáticos para a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias.

Embora nos livros didáticos diferentes estratégias estejam presentes, entende-se que não necessariamente os professores as utilizarão tal e qual os livros didáticos as sugerem.

iii) Abordagem problematizada no ensino das nanotecnologias

Identificou-se que uma das coleções, ao inserir os conhecimentos em nanotecnologias, utilizou a abordagem problematizada das nanotecnologias no enunciado da atividade didática proposta, conforme evidenciado no trecho a seguir:

Por se tratar de um campo de investigação absolutamente novo, ainda é muito nebuloso o cenário de suas potencialidades e implicações, tanto econômicas como sociais e éticas [...] A nanotecnologia coloca-se diante de dilemas éticos. Teoricamente, é possível prever o desenvolvimento de processos capazes de tornar as pessoas mais fortes ou mais inteligentes, dotá-las de visão muito mais aguçada ou retardar os processos de envelhecimento. Considerando os elevados custos de toda inovação tecnológica, o acesso estaria disponível apenas aos que tivessem melhores condições financeiras; assim, poderíamos ver surgir um grupo de pessoas que, além de mais ricas, poderiam se beneficiar da tecnologia, tornando-se ainda mais privilegiadas. Considerando que muitas pesquisas são desenvolvidas em universidades e centros de pesquisa mantidos com verbas públicas, que considerações éticas podem ser levantadas? (FAVARETTO, 2013, p.51).

Neste sentido, a problematização apresentada pelo autor do livro didático segue discussões presentes no evento científico X SEMINANOSOMA e também na literatura (INVERNIZZI; FOLADORI, 2006; MARTINS et al., 2007).

Apenas um dos livros didáticos analisados inseriu a temática junto à abordagem problematizada nas nanotecnologias, porém tal livro empregou esta abordagem apenas no enunciado da atividade didática proposta, e não nos dois textos que realizaram uma exposição da temática. Portanto, a abordagem problematizada nas nanotecnologias não foi frequente nos livros didáticos

analisados e também não ganhou espaço na constituição dos conhecimentos escolares em nanotecnologias propostas nestes livros.

iv) modalidade de constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias

A constituição do *saber a ensinar* em relação às nanotecnologias ocorreu em todas as coleções, pois em todas elas há iniciativas em didatizar a temática para o público do Ensino Médio. Três coleções constituíram o conhecimento escolar em nanotecnologias por meio da modalidade *baseada nas nanotecnologias*, conforme se discute a seguir.

Na coleção 2, apesar da atividade complementar sugerida no manual do professor estar na seção sobre células, uma relação superficial entre a dimensão das células e a de nanorrobôs foi estabelecida, portanto, considerou-se que tal coleção adotou a modalidade *baseada nas nanotecnologias*. Isso também se justifica por tal inserção ocorrer de forma isolada em um *box*.

Esta modalidade também foi considerada pela coleção 6 que também abordou o desenvolvimento das nanotecnologias e suas aplicações médicas em um *box* no final do capítulo sem, no entanto, relacionar explicitamente a temática do *box* ao conteúdo escolar tradicional trabalhado pelo livro didático no capítulo.

Na coleção 7 as nanotecnologias apareceram em um *box* numa seção sobre Ecologia, por meio de um exemplo de como podem ser desenvolvidos nanofilmes para tratamentos médicos. Portanto, não se estabeleceu uma associação entre o conteúdo trabalhado no capítulo e a temática *nanotecnologias* e por isso infere-se que tal coleção também empregou a modalidade de inserção *baseada nas nanotecnologias*.

Por outro lado, a modalidade *baseada na escola* foi utilizada pela coleção 4, que abordou os conhecimentos em nanotecnologias supostamente para que o estudante compreenda em que nível estuda-se o funcionamento e a estrutura das células, um conteúdo escolar tradicional da Biologia. Assim

houve articulação entre a temática *nanotecnologias* e o conteúdo trabalhado pelos livros didático naquele capítulo.

Portanto, dentre as quatro coleções, uma empregou a modalidade *baseada na escola* para constituir o conhecimento escolar em nanotecnologias. A coleção 4 é um exemplo de que a utilização desta modalidade não precisa limitar o aprofundamento dado à temática *nanotecnologias*, pois tal coleção abordou o desenvolvimento de tais tecnologias, comparações de escala, aplicações, estudos, equipamentos, pesquisadores, mas sem perder a conexão com o desenvolvimento dos conteúdos escolares tradicionais da Biologia.

Em suma, a maioria das coleções construiu o conhecimento escolar em nanotecnologias por meio da modalidade *baseada nas nanotecnologias* e potencialmente conduzindo a uma *ACT reducionista*. Este conhecimento foi apresentado poucas vezes com caráter interdisciplinar e foi constituído pela maioria das coleções analisadas por meio da estratégia de exposição, e em menor frequência pelas estratégias de exemplificação, pesquisa e debate.

5.3 ESTUDOS ANTECEDENTES: PROFESSORES, LICENCIANDOS E OS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS

São aqui discutidos os trabalhos da literatura relacionados às percepções de licenciandos e professores, buscando compreender o posicionamento destes agentes perante a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio. Apesar de apenas 3 dos 9 trabalhos analisados investigarem professores de Biologia, considerou-se que algumas discussões, apesar de oriundas de outras disciplinas escolares, tais como a Física e a Química, também eram pertinentes à Biologia escolar.

5.3.1 Percepções de licenciandos

Foram identificadas cinco publicações envolvendo licenciandos das áreas de Física (LEONEL; SOUZA, 2009; LIMA; ALMEIDA, 2012), Química (BASSOTTO, 2011) e Biologia (PEREIRA, 2009; PEREIRA *et al.*, 2009).

Os trabalhos realizados junto aos licenciandos em Física e em Química indicaram principalmente a favorabilidade destes sujeitos em relação à inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio após os licenciandos terem participado de aulas sobre nanotecnologias na universidade. Eles indicaram em geral que esta temática é interessante, motivadora, contemporânea e presente no cotidiano dos alunos (LEONEL; SOUZA, 2009; BASSOTTO, 2011; LIMA; ALMEIDA, 2012;). No entanto, Lima e Almeida (2012) também apontaram dificuldades em relação a esta inserção manifestadas por 15 licenciandos, dentre os quais 14 estavam em fase final do curso.

“exigiria bastante esforço do professor, que as vezes não tem um tempo razoável para preparação de aulas desse tipo”; há dificuldades para “introduzir conceitos necessários para a compreensão dos alunos”; é difícil a “compreensão do próprio tema pelo professor. Será que ele está preparado além da física?”, a “abstração dos conceitos”; “a grande dificuldade talvez seja com relação à literatura, ou seja, conseguir um livro sobre nanociência onde se possa trabalhar o dia-a-dia dos estudantes” [...]; “a desvantagem talvez seja com possível supervalorização da ciência e tecnologia em geral. É importante se preocupar com esse aspecto” (LIMA; ALMEIDA, 2012, p. 4401-6).

Tais licenciandos pontuaram a dificuldade de compreensão da temática por professores e alunos e a carência de materiais didáticos adequados como elementos que podem dificultar a abordagem das nanotecnologias. Destaca-se no trecho anterior a preocupação dos licenciandos em relação à possibilidade da inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio levar à *supervalorização* de CT, supostamente envolvendo os *mitos* da CT (AULER, 2002).

Em relação à Biologia, Pereira relata em sua dissertação (2009) e em um artigo (PEREIRA *et al.*, 2009) a pesquisa relativa às percepções de licenciandos em Ciências Biológicas antes e depois de trabalhar as

nanotecnologias relacionada à Citologia na disciplina de *Metodologia e Prática de Ensino*. A autora relata que os licenciandos inicialmente *apresentavam poucos conhecimentos sobre nanotecnologia* e manifestaram *temor* ao tema citologia (PEREIRA, 2009, p. 87). Após trabalhar com uma Unidade de Aprendizagem sobre as nanotecnologias, os licenciandos *debateram com autoconfiança* e

Enquanto investigavam os diversos assuntos sobre nanotecnologia começaram a percebê-la como provável tema de ingresso ao setor educacional. Programaram atividades para inserir a nanotecnologia ao conteúdo de citologia na disciplina de biologia no ensino médio com autonomia e liderança no desenvolvimento de ideias promissoras para melhorar o estudo da citologia. (PEREIRA, 2009, p. 88).

Tais licenciandos apresentaram propostas de ensino relacionando a Citologia às Nanotecnologias, conforme apresentado no capítulo IV.

Portanto, o ensino das nanotecnologias e a reflexão sobre a inserção desta temática no Ensino Médio fazem parte de algumas ações desenvolvidas em cursos de formação inicial de professores de Ciências da Natureza. Além disso, algumas publicações problematizam não somente as possibilidades, mas também os obstáculos para a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio. Cabe ressaltar ainda que tais percepções, apresentadas anteriormente, são manifestadas após os licenciandos terem estudado ou participado de aulas ou palestras sobre as nanotecnologias.

5.3.2 Percepções de professores

Foram identificadas quatro publicações envolvendo professores das áreas de Física (CIMA, 2007; LEONEL; SOUZA, 2009), Física e Matemática (BISOGNIN et al., 2012) e de Ciências da Natureza (Biologia, Física e Química) (NOVO, 2013).

Novo (2013) investigou a percepção sobre as nanotecnologias de 44 professores do Ensino Médio antes de eles iniciarem o Curso *online* “Além do livro didático: nanociência, nanotecnologia e nanotoxicologia”. Dentre estes, 17

atuavam na disciplina de Biologia e 14 na de Física, os quais juntos somavam 70% dos participantes da pesquisa. Pouco menos da metade dos professores revelou conhecer algum produto nanotecnológicos e, dentre estes, 86% afirmou consumir tais produtos. A maioria considerou que os nanoproductos são seguros (79%), entretanto reconheceram que não há regulamentação para estes (86%). Tais professores buscavam, ao participar deste curso *online*, ampliar seu próprio conhecimento (77%) e também para poder trabalhar as nanotecnologias em sala de aula (55%) (NOVO, 2013). A autora ainda aponta que 52% reconheceram a importância da inclusão da temática no Ensino Médio, dentre eles a maioria atuava na disciplina de Biologia. Portanto, nesta pesquisa a maioria dos professores manifestou conhecer um pouco a respeito da temática e a partir disso interessou-se em participar de um curso específico para ampliar seus próprios conhecimentos e também para inserir os conhecimentos em nanotecnologias em suas aulas.

Leonel e Souza (2009) relataram as opiniões de 8 professores e 2 licenciandos de Física após terem participado de um minicurso sobre nanotecnologias. Dentre os 10 participantes que responderam os questionários, 9 afirmaram já ter tido contato com as nanotecnologias, principalmente via *internet*. A maioria dos participantes concordou, segundo os autores, que as disciplinas de Ciências da Natureza e Exatas devem contemplar discussões a respeito do papel da ciência e da tecnologia na sociedade. Leonel e Souza (2009) apontaram ainda que a interdisciplinaridade da temática pode ser positiva, a fim de desenvolver uma ACT junto aos estudantes, mas também pode trazer dificuldade à inserção em contextos que não permitam tal abordagem. Os autores concluíram que “essa análise mostra que o tema: Nanociência e Nanotecnologia, pode realmente potencializar o Ensino da FMC” (LEONEL; SOUZA, 2009, s. p.), e neste sentido, o tema pode ser incluso no Ensino Médio, segundo os professores questionados.

Em sua pesquisa de mestrado, Cima (2007) promoveu um debate *online* entre 20 professores de Física a fim de discutir “as dificuldades encontradas para tratar assuntos relacionados com a ciência e tecnologia contemporâneas no ciclo final da Educação Básica” (p. 8). Se por um lado a

pesquisa evidencia falas de professores que consideraram “*salutar*” abordar as nanotecnologias na Física e que é “totalmente viável a abordagem do assunto”, por outro lado ressalta também que há professores que apontaram uma dificuldade para efetivar tal abordagem: os materiais didáticos, segundo a fala do professor, “são mais voltados para informação e não para formação e isso é um grande problema”. (CIMA, 2007, p. 155). Portanto, tal pesquisa evidencia a escassez de materiais didáticos que abordem a temática discutida.

Bisognin *et al.* (2012) trabalharam conhecimentos em nanotecnologias junto à professores da Educação Básica que também são estudantes de Mestrado em Ensino de Física e Matemática. Após os professores terem lido alguns textos sobre a temática, as autoras questionaram se “é possível trabalhar este tema, com esta complexidade, com alunos de Educação Básica?” e os grupos responderam, de forma geral, que estavam entrando em contato com o tema naquele momento e que “não se imaginam trabalhando esta temática em sala de aula”, pois “parece não ser uma tarefa fácil” e não tinham “ideia de como trabalhar isso” com os alunos (BISOGNIN *et al.*, 2012, p. 206). Posteriormente os professores realizaram atividades de modelagem matemática, segundo as autoras, o que possibilitou, juntamente com as leituras, compreenderem o tema e construírem modelos matemáticos para explorar a temática. Não se identificou se houve mudança nos posicionamentos dos professores perante a inserção da temática no Ensino Médio.

Em síntese, tais pesquisas contribuem na compreensão de que a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio está longe de ser um trabalho simples, um consenso entre os professores de Ciências da Natureza, pois é necessário enfrentar principalmente a escassez deste tema específico durante a formação dos docentes e de materiais didáticos adequados ao Ensino Médio. No entanto, as perspectivas de licenciandos e professores relacionadas nesta seção podem indicar certa favorabilidade em relação a tal inserção. Além disso, estas pesquisas evidenciaram que antes mesmo de licenciandos e professores participarem de cursos ou aulas sobre o

tema alguns já explicitavam possuir conhecimentos prévios acerca das nanotecnologias, portanto, não é um tema tão desconhecido pelo grupo, assim como também evidenciam Paulini-Jesus, Asinelli-Luz e Filipak-Neto (2013). Portanto, assim como no estudo exploratório, evidenciou-se que a temática tem relevância na formação dos professores.

Ao analisar as publicações da revisão de literatura, chamou a atenção a visão que os autores de algumas pesquisas explicitaram em relação ao papel dos professores na inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio. Neste sentido, na próxima seção buscou-se refletir sobre esta visão.

5.3.3 O papel do professor na inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio, segundo as pesquisas acadêmicas

Alguns trabalhos evidenciaram que professores *atualmente* estão em busca de “textos que abordem o tema nanociência e nanotecnologia de uma maneira geral e ilustrativa” (AZEVEDO; ALMEIDA-JÚNIOR; CÂMARA, 2012, s. p.) e que docentes explicitaram preocupar-se com a “atualização do currículo escolar não só o de Física, mas de todas as disciplinas” (LEONEL; SOUZA, 2009, s. p.). Assim, compreende-se que há relatos na literatura de professores da educação Básica preocupados em não somente reproduzir os conteúdos escolares tradicionais, mas em integrar no ensino “novos conhecimentos”, modernizando o currículo.

Há pesquisas em que não foi possível identificar o papel do professor da Educação Básica na proposta de ensino das nanotecnologias implementada em sala de aula (AZEVEDO; ALMEIDA-JÚNIOR; CÂMARA, 2012; LEMOS et al., 2012; SANTOS, SILVA, BATINGA, 2012).

Duas publicações excluem explicitamente o professor do processo de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio. Uma destas duas propostas afirmou que:

A estratégia utilizada neste instrumento didático visa atenuar algumas dificuldades previsíveis quando se trata de abordar uma temática da

envergadura das nanotecnologias na escola. A primeira delas refere-se às lacunas no conhecimento dos professores no que tange o conteúdo científico. Para paliar o problema, as atividades são integralmente sustentadas pelo jogo. (LEONEL; LAMY-PERONNET, 2013, p. 7).

Os autores propõem atividades “integralmente sustentadas” pelo recurso didático (o jogo) para “paliar” o problema das supostas “lacunas no conhecimento dos professores”, ou seja, se exclui o professor do desenvolvimento do mesmo em sala de aula.

Assim, os autores afirmaram que as cartas do jogo didático “são ainda fonte de informação confiável, produzida e validada por uma equipe de cientistas” e caso os alunos tenham dúvidas, eles sugerem uma “pesquisa bibliográfica realizada de modo autônomo pelos estudantes”, ou seja, sem o professor (LEONEL; LAMY-PERONNET, 2013, p. 7). Os autores limitam, então, o papel que o professor deve desempenhar em sala de aula durante o desenvolvimento do jogo.

Ao professor, cabe acompanhar o trabalho, fazendo a mediação e orientando os jovens. Quais informações são de fato relevantes? Quais fontes são confiáveis? Espera-se ainda do professor que, utilizando seus conhecimentos prévios possa contribuir com a construção de uma compreensão dos temas pesquisados a partir das informações encontradas pela classe. [...] Diminuindo a amplitude do papel do professor, (sem no entanto alterar sua importância), espera-se também responsabilizar os estudantes e privilegiar o trabalho coletivo e colaborativo de construção de um projeto comum à classe com vista a promover a ACT na concepção defendida por Fourez (LEONEL; LAMY-PERONNET, 2013, p. 7).

A partir do trecho anterior, questiona-se se o professor saberá distinguir quais “informações são de fato relevantes” para a aprendizagem sobre as nanotecnologias se ele supostamente tem “lacunas” no seu conhecimento em relação a tal tecnologia. Se se pretende efetivar o ensino das nanotecnologias no Ensino Médio, todos os agentes inseridos neste processo devem ser inclusos e considerados. Como defender a introdução da temática *nanotecnologias* no Ensino Médio e deixar o professor de lado, considerando que ele é o principal agente promotor desta ação?

Uma segunda publicação, nesta mesma linha, relata o projeto intitulado *Forma-Engenharia*, financiado pelo CNPq, no qual se desenvolvem atividades junto aos estudantes de Ensino Médio, com a justificativa de que

O projeto Forma Engenharia não se limita somente em incentivá-los [estudantes de Ensino Médio] a cursar áreas de engenharia. Propõe também, mostrar aos educadores e à equipe pedagógica de cada recinto escolar que é possível tornar as aulas de física, química e matemática mais atrativas, e conseqüentemente despertar nos alunos a busca pelo conhecimento e a importância em áreas tecnológicas (MILHOMEM, 2013, s. p., grifo nosso).

Neste trecho destaca-se, por meio do grifo, um dos objetivos do projeto. Tal frase permite compreender que os autores consideram que os educadores e a equipe pedagógica não sabem ou não são capazes de desenvolver uma aula atrativa e, neste sentido, descreveram o *passo-a-passo* que professores e alunos *deverão realizar*, pois serão *acompanhados* pelos autores do projeto.

Para isso [realização de uma Feira de Ciências] já está ocorrendo à divulgação em cada escola “Figura 5” sobre o que requer essas duas metodologias [científica e de engenharia], assim como o passo-a-passo que cada professor e sua equipe deverão realizar, uma vez que, haverá acompanhamento pelo “Facebook” (MILHOMEM *et al.*, 2013, s. p.).

Tais autores - vinculados à Faculdade de Engenharia Civil e Faculdade de Engenharia Elétrica segundo a publicação - teriam maior possibilidades de propor atividades para a Educação Básica de forma mais qualificada do que os professores e equipe pedagógica das escolas, e, portanto, poderiam determinar com mais propriedade o que deve ser feito nas aulas? A este respeito, Chevallard (1991) argumenta que os agentes da noosfera têm posições diferentes no processo de transposição didática e que:

Certamente, um Matemático não pode empregar ali os mesmos argumentos de um professor: pode recordar o que deveria ser um saber a ensinar e, por meio de uma dedução que já não lhe pertence e que somente pode sugerir, pode recordar o que pode ser o saber ensinado; mas não pode, por causa da sua ilegitimidade nesse rol, promover-se no papel de pedagogo e dizer *como* se deveria ensinar (CHEVALLARD, 1991, p. 29, tradução nossa).

Portanto, matemáticos (mas também físicos, químicos, biólogos ou engenheiros), enquanto agentes da *noosfera*, podem *sugerir* ou *recordar* como deveria ser o ensino nas escolas, mas não têm legitimidade no processo de transposição didática para determinar como deve ocorrer o ensino nas escolas, segundo Chevallard (1991).

Finalmente, Milhomem *et al.* (2013) colocam que:

A título de informação foi realizado um debate com os bolsistas a respeito do andamento do projeto, a influência do mesmo na sua carreira profissional, as habilidades desenvolvidas e adquiridas até então e como gostariam que fossem ministradas as aulas de física, química e matemática na sua escola, além de opinarem a respeito do papel do professor e do aluno. (MILHOMEM *et al.*, 2013, s. p.).

Se se discute o papel do professor e como seria uma aula ideal, porque não envolver o professor destes alunos do Ensino Médio? Tal debate poderia contribuir também com a formação docente, possibilitando ao professor conhecer a visão que os alunos têm sobre a sua aula para poder refletir sobre suas práticas profissionais, modificando-as ou não. Além disso, o professor poderia também participar das atividades desenvolvidas no projeto a fim de conhecer e analisar se as práticas experimentais propostas pelo grupo podem ser adaptadas e reestruturadas para compor as atividades em sala de aula. Além disso, as experiências e conhecimentos dos professores poderiam contribuir com o desenvolvimento do projeto. Apesar de ter o foco no desenvolvimento científico e tecnológico e na inovação, tal projeto poderia também contribuir com a formação do docente, visto que os projetos são financiados com recursos públicos e, portanto, deveriam reverter benefícios a toda a sociedade.

Em síntese, há professores que conhecem a respeito das nanotecnologias, assim como evidenciado também por Leonel e Souza (2009), Novo (2013) e Paulini-Jesus, Asinelli-Luz e Filipak-Neto (2013). Mas evidentemente não são todos os professores que a conhecem, principalmente por esta temática não fazer parte da maioria dos cursos de formação. Também outros fatores contribuem para que os professores não conheçam a temática discutida, tais como as condições de trabalho, o tempo escasso para a formação docente contínua, os recursos disponíveis, a carga horária excessiva de trabalho, a formação inicial e continuada precarizada entre outros elementos. Ter consciência de tais condições é fundamental para que pesquisas e trabalhos educacionais sejam mais plausíveis em relação à inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na Educação Básica. Excluir todos estes fatores e culpabilizar apenas o professor pelo não conhecimento da

temática é desconhecer a situação das escolas e as condições de trabalho docente na escola pública brasileira.

Acusá-lo [o professor da Educação Básica] publicamente por não conseguir resolver situações quotidianas sem que, contudo, a sociedade lhes ofereça amparo institucional e apoio externo para o enfrentamento dos conflitos do ambiente escolar, mais acentuará o processo de culpabilização já em curso. (OLIVEIRA; TOMAZETTI, 2001, p. 7).

Ampliando a ideia discutida por Oliveira e Tomazetti (2001) na citação anterior, é importante o *amparo institucional* e o *apoio externo* aos professores também para que haja a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio por um número maior de professores.

Portanto, argumenta-se que é necessário considerar os professores como colaboradores das propostas de ensino, visto que são os próprios docentes que desenvolvem a inserção dos novos conteúdos em sala de aula. Se o professor for considerado apenas como um *profissional do 'déficit'* (BUENO, 2004) não se está trilhando um caminho de transformação efetiva da Educação. Há muito tempo considera-se necessária a aproximação entre o professor da Educação Básica e a pesquisa educacional (GARCIA, 2012). Tal aproximação pode ser uma forma de efetivar as mudanças na qualidade educacional, se também for acompanhada pelas políticas públicas para a Educação.

Partindo das evidências encontradas na literatura de que não há um consenso em relação à favorabilidade e estratégias relativas à inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio principalmente nas disciplinas de Física e Química, buscou-se compreender a partir de entrevistas as percepções dos professores de Biologia acerca desta questão.

5.4 PROFESSORES COLABORADORES E A INSERÇÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS EM AULAS DE BIOLOGIA

Nesta seção apresenta-se o perfil dos professores colaboradores, suas percepções em relação às nanotecnologias, as inserções reais ou potenciais

desta temática na disciplina de Biologia segundo cada professor e por fim analisam-se estas inserções por meio de alguns critérios de análise.

5.4.1 Perfil dos Professores Colaboradores

Os professores colaboradores são professores de Biologia de escolas da rede pública estadual de ensino, com no mínimo um ano de atuação no Ensino Médio. Buscou-se por professores com formação inicial em diferentes instituições e com variados tempos de carreira docente.

A maioria das escolas em que os professores atuavam está localizada na cidade de Curitiba (PR), em diferentes bairros. Apenas uma escola pertence à cidade de Campo Largo (PR), Região Metropolitana de Curitiba.

No QUADRO 9 constam as instituições de formação inicial dos professores e também o tempo de experiência profissional como professor.

QUADRO 9 - RELAÇÃO DAS INSTITUIÇÕES DE FORMAÇÃO E TEMPO DE EXPERIÊNCIA DOCENTE DOS PROFESSORES COLABORADORES

Professor Colaborador	Instituição de formação inicial	Experiência como professor (anos)
Shenia	Universidade Tuiuti do Paraná	5
Jefferson	Universidade Federal do Paraná	9
Gilmara	Universidade Paranaense	18
Heloisa	Universidade Estadual do Oeste do Paraná e Faculdades Integradas Espírita	20
Jaudir	Universidade Federal do Paraná	25

FONTE: A autora (2016).

A professora Shenian leciona as disciplinas de Ciências e Biologia há 6 anos como professora temporária na rede estadual de ensino. Concluiu em 2006 a graduação em Ciências Biológicas e tem Especialização em Genética Humana e Mestrado em Genética. A professora afirmou que inicialmente pensava em trabalhar como professora e pesquisadora em universidade na área de Genética, no entanto, ela revelou: “o que me desanimou no meio do caminho foi o número de artigos publicados que você precisa ter pra conseguir

uma colocação no mercado de trabalho”. Assim, declarou ter desistido do Doutorado e foi atuar em sala de aula “porque eu já tinha feito os estágios na faculdade, eu já tinha gostado e daí falei ‘é isso que eu quero pra minha vida’”. Concluiu revelando: “não quero outra coisa hoje” e que “a ideia é ficar na escola e de preferência na estadual”, pois neste contexto ela fica “em contato com a galera que precisa mais que o pessoal lá da particular”. Neste sentido, ela defendeu que a escola pública também prepara os estudantes para o vestibular, apesar de muitas pessoas discordarem desta defesa, segundo a professora. No ano de 2015 ela possuía carga horária de 32 horas-aula na rede pública.

O professor Jefferson trabalhou em diferentes áreas antes de atuar como professor. Contou que após um período no serviço militar encontrou um anúncio no jornal a respeito de uma vaga para professor assistente em um curso preparatório para vestibular. Devido aos elogios que os alunos deste curso manifestaram em relação à sua forma de ensinar, o professor sentiu-se estimulado a seguir a carreira docente. Neste período cursava engenharia, mas decidiu mudar para a Licenciatura em Biologia e concluiu o curso há quatro anos. Ele afirmou que em suas aulas prima pela “qualidade e não quantidade”. Interpretou-se que ele confere uma abordagem social à várias questões trabalhadas em sala de aula. Também indicou que suas aulas na rede pública são influenciadas pelas práticas que ele desenvolve em uma escola Waldorf⁵⁰. A exemplo disso, comentou que todos os processos avaliativos na rede pública estão sendo reavaliados. Ele trabalha como professor há 10 anos e já lecionou Matemática, Física e Química, além de Ciências e Biologia. Na época da entrevista fazia um curso de especialização e participa do Grupo de Trabalho em Rede, atividade de formação continuada promovida pela SEED-PR. Tem carga horária de 26 horas na rede pública e mais 20 horas na rede particular de ensino.

⁵⁰ A pedagogia Waldorf foi introduzida por Rudolf Steiner e “distinguindo-se desde o início por ideais e métodos pedagógicos até hoje revolucionários”. Para mais informações acesse: < <http://www.sab.org.br/portal/pedagogiawaldorf/27-pedagogia-waldorf>> Acesso em: 06/01/2015.

A professora Gilmara também já trabalhou em outras áreas antes de atuar como professora e o descontentamento principalmente financeiro estimulou a busca pela formação em nível superior. Ela afirmou que gostaria de cursar medicina, mas não tinha condições. Após um processo classificatório, conseguiu uma bolsa em uma universidade e nesta condição precisou escolher entre os cursos de licenciatura em História, Matemática ou Biologia. Devido ao seu interesse pela área médica optou pelo curso de Biologia. Concluiu o curso há 12 anos na modalidade bacharelado e licenciatura com ênfase em Biotecnologia. Contudo, em seus 19 anos de carreira docente, ela afirmou nunca ter sido feliz profissionalmente na escola, mas “o fato de eu não me sentir feliz, não me dá o direito de não saber o que é que eu estou fazendo”. Neste sentido, a professora demonstrou esforço em trabalhar várias práticas diferenciadas com os estudantes: “minha piaçada faz muita coisa”, mesmo considerando tais práticas “trabalhosas”. Isso porque a professora considera que “é nossa função tentar ser melhor” apesar das condições de trabalho serem precárias, segundo ela. Esta professora é concursada na rede estadual de ensino e tem carga horária total de 40 horas-aula, lecionando também disciplinas no curso de Técnico em Meio Ambiente. Ela informou que tem uma segunda Graduação em Pedagogia, Especialização em Mídias na Educação e vários cursos de formação continuada oferecidos pela SEED-PR.

A professora Heloisa concluiu a Licenciatura em Ciências de Primeiro Grau em 1987. Após a formatura mudou-se para Curitiba. Na nova cidade cuidava dos filhos e após ser nomeada como professora em um concurso público da rede estadual de ensino, assumiu turmas de quinta série (atual sexto ano) na mesma escola em que trabalha, há 21 anos. Atualmente tem carga horária de 45 horas semanais. Ela conta o seu empenho em aprender a trabalhar com os *blogs* em suas aulas e até comprou um projetor de *slides*. Contou que se decepcionou em relação à reação e desempenho dos estudantes nas aulas em que o equipamento foi utilizado. Além disso, ela revelou um descontentamento com o desempenho dos estudantes nos últimos anos nos quais tem lecionado e também chamou a atenção para as precárias condições da escola. Também cursou a graduação em Ciências Biológicas,

uma especialização em Método de Ensino e vários cursos oferecidos pela SEED-PR.

Por fim, o professor Jaudir atua nas disciplinas de Biologia e Química. Cursou a Licenciatura em Ciências Biológicas em 1992, o curso Técnico em Química e a Especialização em Meio Ambiente. Ele também afirmou participar dos cursos de formação ofertados pela SEED-PR e por Universidades. Trabalha há 26 anos como professor na rede estadual e particular de ensino. Também é comerciante e possui uma loja em que oferece serviços de fotocopiadora. Antes de atuar como professor trabalhou em várias áreas do comércio. Ele lembra que próximo à conclusão da licenciatura não queria seguir a carreira docente, assim como outros colegas: “o pessoal da Biologia, você sabe, não querem ser professor”. Ele apontou que o estágio, o reencontro com seus professores de Ensino Médio e a simpatia que tem pela escola auxiliaram-no no ingresso nesta profissão.

Um aspecto em comum em todas as falas dos professores merece destaque: as precárias condições de trabalho nas escolas públicas. Foi relatado desde a ausência de material de limpeza, giz e livro didático até a necessidade de recolha de recursos financeiros dos estudantes para que atividades práticas pudessem ser realizadas. Neste sentido, a maioria dos professores declarou necessitar de um professor laboratorista a fim de possibilitar o desenvolvimento frequente de experimentos e práticas. Além disso, mencionaram a escassez de tempo para organizar o laboratório, pois a hora atividade é preenchida com outras tarefas burocráticas e o número excessivo de alunos em cada turma dificulta o desenvolvimento de atividades práticas. Tal relato é importante para compreensão das condições de trabalho e o cotidiano dos professores colaboradores.

5.4.2 Percepções dos professores colaboradores sobre as nanotecnologias e fontes de informações consultadas

Buscou-se aqui compreender as percepções sobre as nanotecnologias expressas pelos professores colaboradores, bem como as concepções sobre tecnologia implícitas nas falas, a fim de identificar quais perspectivas estão sendo construídas junto aos estudantes.

Em relação ao sentido atribuído pelos professores às nanotecnologias procurou-se questioná-los de forma a se obter respostas subjetivas, portanto, perguntou-se, por exemplo: *o que a nanotecnologia significa ou representa para você? Que nota você atribui ao seu conhecimento sobre nanotecnologia?* A resposta à primeira pergunta foi considerada como o principal sentido atribuído às nanotecnologias pelos professores. Tal resposta bem como as referidas notas atribuídas pelos professores, consta no QUADRO 10.

QUADRO 10 - ALGUNS PARÂMETROS DO CONHECIMENTO DOS PROFESSORES COLABORADORES SOBRE AS NANOTECNOLOGIAS

PROFESSOR (A) COLABORADOR (A)	PRINCIPAL SENTIDO ATRIBUÍDO ÀS NANOTECNOLOGIAS	NOTA	CONTATO COM AS NANOTECNOLOGIAS OCORREU POR MEIO DO (A)
Gilmara	Metodologia/Tecnologia	6	Curso em Ciências Biológicas com ênfase em Biotecnologia durante o professor de Genética falou brevemente da nanotecnologia. Posteriormente <i>internet</i> .
Jefferson	Medo	5	Colega que pesquisou biomarcadores para nanopartículas. Posteriormente <i>internet</i> .
Heloísa	Pesquisa	1	Revista Veja, mas não recorda a temática do texto.
Jaudir	Futuro	1	Leu uma matéria na revista Superinteressante, conversou com a pesquisadora que na época era sua estagiária e posteriormente falou com sua irmã (profissional da área farmacêutica)
Shenia	-	0	-

FONTE: A autora (2016).

A seguir discutem-se os conhecimentos sobre as nanotecnologias explicitados por cada um dos professores, iniciando pelos dois professores que afirmaram trabalhar estes conhecimentos em aula.

Dentre estes dois professores, Gilmara foi a única professora que afirmou ter ouvido falar sobre as nanotecnologias durante a formação inicial. Ela cursou Ciências Biológicas com ênfase em Biotecnologia, nas modalidades de Licenciatura e Bacharelado, em uma universidade particular no interior do Estado do Paraná.

Professora Gilmara (43): A primeira vez eu lembro que foi em genética porque a gente falou de milho, das sementes, dos híbridos, foi um tema que a gente ouviu falar da nanotecnologia.

Além do curso de formação inicial, a professora também declarou que se informa quanto às nanotecnologias por meio de *pesquisa na internet*, conforme trecho a seguir:

Professora Gilmara (37): eu nunca fiz um curso sobre esta área, então quando eu tenho que preparar sobre o tema eu pesquiso [...].

Assim, a professora afirmou que as nanotecnologias significam:

Professora Gilmara (45): uma metodologia que, assim como várias outras, os resultados ainda são precários, exige ainda um bom tempo de estudo, exige o aperfeiçoamento dela e que é uma tecnologia que vem a favorecer os tratamentos, você consegue fazer um avaliação melhor, você tem ali um dispositivo que te dá uma avaliação melhor, então em longo prazo... não precisa ser em longo prazo, em médio prazo a gente já tem resultados bons pro tratamento de câncer por exemplo... aquele pai do Pele, se eu não me engano, foi usado agora recentemente, saiu alguma coisa na mídia ai, foi usado alguma coisa no tratamento dele com nanotecnologia (grifos nossos).

No sentido colocado por Gilmara, as nanotecnologias são uma *metodologia com resultados ainda precários e, portanto, exige o aperfeiçoamento*, mas que *vem a favorecer os tratamentos que em médio prazo terão bons resultados* no diagnóstico e *tratamento de câncer por exemplo*. Além disso, ela apontou que já há tratamentos médicos com nanotecnologias⁵¹ sendo noticiados na mídia. Por meio destas falas, interpreta-se que as nanotecnologias foram associadas pela professora como uma metodologia/tecnologia⁵² empregada no tratamento de câncer e os resultados,

⁵¹ Já estão disponíveis no mercado ao menos 4 produtos para o tratamento do câncer e pelo menos outros 4 estão em fase de testes, segundo Caballero (2007, p. 137-138).

⁵² Entende-se que metodologia e tecnologia têm significados diferentes. Santos-Filho e Gamboa (2002, p. 66) fazem essa distinção; os métodos (estudados pela metodologia) são “modos diversos de abordar a realidade” segundo referenciais teóricos distintos. Já as técnicas fazem sentido em determinada abordagem metodológica e podem ser “históricas, descritivas,

ainda “precários”, estão sendo aperfeiçoados, conforme também indica Caballero (2007).

Ao longo da entrevista, outras tecnologias foram citadas pela professora para exemplificar ferramentas utilizadas na solução de problemas:

Professora Gilmara (22): [...] a produção de vacinas e soros eu tenho que explicar como é que é feita a vacina, ai eu trago reino animal, eu trago a tecnologia que é utilizada, os equipamentos, explico pra ele a centrifuga, na separação, da tipagem do terceiro ano também, como é que separa o plasma, tem que usar uma centrifuga, que é um aparelho tecnológico [...] (grifo nosso).

Professora Gilmara (27): [...] eu peço pra eles fazerem a identificação dos animais, pra isso eles precisam buscar tecnologia dentro da biologia, que são as imagens, os comparativos e ai a descrição por exemplo, de uma espécie de siri, de uma espécie de estrela-do-mar, entende, ai eles [alunos] também usam bem. (grifo nosso).

Neste sentido, inferiu-se que as tecnologias de forma geral representam para a professora Gilmara formas de resolver problemas, as quais solucionam, por exemplo, a identificação de animais, a separação do plasma e o diagnóstico e o tratamento de câncer. Talvez essa perspectiva das tecnologias esteja associada à formação inicial da professora, em Ciências Biológicas com ênfase em biotecnologias.

O professor Jefferson afirmou conhecer as nanotecnologias por meio do contato com uma colega que pesquisava, em um mestrado em Biotecnologia, o uso de algas biomarcadoras para nanopartículas presentes na água. Assim como a professora Gilmara, este professor também revelou utilizar a internet como fonte de informações.

Por meio deste contato e dos seus estudos é que ele declarou que as nanotecnologias significam *medo*, conforme apresentado a seguir.

Professor Jefferson (225): Medo, é muito pequeno, é permeável à membrana, é cancerígeno, é mutagênico, eu fujo, ultimamente eu fujo dos produtos que envolvem... e acaba, com certeza, transferindo isso na minha fala para os alunos, porque eu conto o que acontece né... porque quando você conta numa aula de Ecologia eles ficam chocados com as alterações ambientais que existem, eu falo numa aula dessa questão da nanotecnologia, eu falo em nanotec. também quando eu falo dos alimentos ultraprocessados... a água de reuso, falo pra eles que a gente é privilegiado por estar na cabeça de nascente, a gente não tá no meio do percurso [...] (grifo nosso).

Além disso, chama a atenção também o professor destacar que em suas aulas acaba transparecendo seu posicionamento perante a temática, conforme trecho grifado anteriormente. Interpretou-se que não apenas os potenciais riscos das nanotecnologias foi trabalhado pelo professor em aula, mas também o uso de tecnologias para ampliar as capacidades dos aparelhos eletrônicos, por exemplo. Portanto, ele problematizou a temática nas suas aulas, conforme será discutido posteriormente, e supostamente não vê as tecnologias como neutras.

Em relação aos três professores que afirmaram não mencionar as nanotecnologias em aula, o professor Jaudir comentou ter lido algo a respeito da temática pela primeira vez na revista Superinteressante.

Professor Jaudir (42): Bom, eu já tinha visto alguma coisa, mas você [pesquisadora] aguçou um pouquinho né, tipo, tinha visto mas esqueci, que nem tipo, eu li uma notícia, aí você falou e daí eu lembrei que eu tinha lido aquela notícia.

Portanto o professor lembrou de que já havia lido um texto a respeito quando interagiu com a pesquisadora em contato anterior⁵³. O texto abordava sobre a Teoria da Gosma Cinzenta.

As nanotecnologias representam o futuro para este professor, embora ele também mencione que há aplicações em remédios e na alimentação. Além disso, ele afirmou que “expandiu a discussão” com a irmã, profissional da área farmacêutica, sobre os remédios que empregam esta tecnologia em sua fabricação.

As professoras Heloisa e Shenian afirmaram não conhecer sobre as nanotecnologias, e ambas solicitaram que a pesquisadora comentasse sobre este tema, demonstrando interesse.

No caso da professora Shenian, após a entrevista a pesquisadora explicou brevemente sobre algumas características das nanotecnologias: escala comparada às estruturas conhecidas - como diâmetro de um fio de cabelo -, propriedades diferentes das nanoestruturas, aumento da reatividade e exemplos de aplicações, por exemplo, no filtro solar e nos aparelhos

⁵³ A pesquisadora e o professor colaborador já haviam tido contato prévio quando a pesquisadora fez seu Estágio de Docência, tendo na época este professor como seu Supervisor na escola.

telefônicos celulares. O exemplo do aparelho celular surgiu porque ao ouvir falar a palavra *nanotecnologia* a primeira associação que a professora fez foi com as tecnologias de informação e comunicação. A seguir apresenta-se o trecho em que ela revela sua relação com as tecnologias:

Pesquisadora: a gente já tem produtos no cotidiano que usam nanopartículas, não sei se você lembra do protetor solar de antigamente, você passava e ficava tudo branco

Professora Shenian (85): agora absorve

Pesquisadora: isso. Não absorvia, hoje em dia você passa e absorve, por que? Porque é nanoparticulado, ele entra na pele facilmente porque é bem menor que as células. Tem batom que brilha mais, creme que penetra mais fundo na pele. O problema é que a gente não sabe se elas conseguem sair

Professora Shenian (86): é isso que eu ia te perguntar, porque todas as coisas que tem muita tecnologia, geram milhões de pontos positivos, mas também tem os negativos né. Até agora, tudo que você me falou foi de pontos positivo, só que também não é uma coisa que estourou na mídia, isso pode estourar, e eu acho que com o tempo a gente pode ver alguns efeitos colaterais em relação a isso sabe (grifos nossos).

Neste sentido, a professora manifestou espontaneamente possibilidades positivas e negativas decorrentes das nanotecnologias e que estas últimas podem ser percebidas como efeitos colaterais resultantes do uso destas tecnologias ao longo do tempo. Além disso, a professora afirmou que não identificou tal temática na mídia. A exemplo disso, tem-se notado que alguns textos⁵⁴ veiculados na mídia falam sobre as aplicações das nanotecnologias sem, no entanto, mencionar tal termo.

A segunda professora que também declarou não conhecer as nanotecnologias declarou “estar fraquinha nesta parte”, mas revelou que já havia lido algo a respeito na revista *Veja*, embora não recordasse a temática do texto. Esta professora também questionou a respeito das nanotecnologias no início da entrevista e, a partir disso, a pesquisadora mencionou os seguintes aspectos das nanotecnologias: escala comparada às estruturas conhecidas, propriedades diferentes (exemplo do nano ouro que muda de cor, nano prata

⁵⁴ Exemplos podem ser encontrados nos textos intitulados *Cientistas criam 'nariz eletrônico' que pode ajudar a diagnosticar câncer* (Disponível em: <http://www.bbc.com/portuguese/noticias/2011/04/110420_testecancer_pai> Acesso em: 18/12/2015) e também no texto *'Science': cientistas estão a um passo de criar a verdadeira capa da invisibilidade* (Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/noticia/ciencia/science-cientistas-estao-a-um-passo-de-criar-a-verdadeira-capa-da-invisibilidade/>> Acesso em: 18/12/2015).

que se torna bactericida e nano alumínio que é explosivo (TOMA, 2009, p. 97)), exemplos de aplicação (desodorante e filtro solar). Diferente do que ocorreu na entrevista da professora Shenian, na qual a pesquisadora não mencionou a respeito das possibilidades de efeitos negativos das nanotecnologias, na entrevista com a professora Heloisa a pesquisadora afirmou que há possibilidades de danos causados pelas nanotecnologias, como por exemplo no caso do filtro solar⁵⁵. Posteriormente, ela explicitou o que as nanotecnologias significavam para ela:

Professora Heloísa (99): pra mim eu acho que veio a palavra pesquisa, porque agora me abriu a cabeça pra eu pensar sobre isso, eu vou pesquisar porque agora eu me interessei para saber o que realmente é, como é que ela funciona, então eu vou pesquisar com certeza, eu vou lá pra *internet*, não sei se tem tanta coisa assim na *internet*.

Portanto, a professora Heloisa manifestou interesse em pesquisar a temática em questão e que seus estudos teriam como base a *internet*. Além disso, quando a professora falava sobre tecnologias utilizadas para a guerra, como a bomba atômica, ela explicitou possíveis consequências destas tecnologias:

Professora Heloísa (101): a gente sabe que eles tem armamentos perigosos, como essas bombas, mas a bomba atômica agora é um mínimo né, tem coisa mais perigosa, eu acho assim que o homem está tendo um avanço muito grande e se ele não tiver uma cabeça muito boa, ele pode destruir o mundo, então é um perigo muito grande e as consequências podem ser muito sérias, eu acho que nós mesmos estamos preparando o nosso fim.

Neste sentido, a professora afirmou que a tecnologia também pode levar a caminhos desastrosos.

Em síntese, as fontes de informações sobre as nanotecnologias mencionadas pelos professores colaboradores foram: *internet*, revistas (*Veja* e *Superinteressante*), formação inicial (no caso de uma professora) e contato com profissionais envolvidos com as nanotecnologias. Além disso, interpretou-

⁵⁵ Há informações de que os filtros solares causam problemas à saúde por entrar na corrente sanguínea no texto disponível em: <<http://g1.globo.com/bemestar/noticia/2016/01/com-nanotecnologia-cientistas-criam-protetor-solar-que-nao-penetra-na-pele.html>> Acesso em: 06/01/2016. Para mais informações consultar: <<http://www.fundacentro.gov.br/nanotecnologia/filtro-solar>> Acesso em: 16/10/2015.

se que a maioria dos professores colaboradores não percebem as tecnologias como neutras. Nas falas dos dois professores que afirmaram mencionar as nanotecnologias em sala de aula há diferentes perspectivas em relação à neutralidade científica e tecnológica, concordando e discordando deste aspecto. Cabe salientar que o modelo linear/tradicional de progresso também está presente em textos escritos por cientistas brasileiros envolvidos com as nanotecnologias (INVERNIZZI, 2007) e em matérias divulgadas por jornais e programas televisivos (KÖRBES, 2013).

Auler (2002) aponta que professores de ciências manifestam uma mescla entre concepções de neutralidade e de não neutralidade científica e tecnológica. Também se identificaram nesta pesquisa perspectivas diferentes da CT, possivelmente devido à diversidade de fontes de informação e formação. No caso das nanotecnologias, tais fontes divulgam perspectivas bastante distintas. Segundo pesquisa realizada por Körbes (2013), há fontes, como o programa televisivo Bom Dia Brasil e o Jornal Folha de São Paulo, que trazem as nanotecnologias num modelo linear/tradicional de progresso, diferentemente do que ocorre no programa veiculado na *internet Nanotecnologia do Avesso*. O contato com pessoas envolvidas em pesquisas na área das nanotecnologias também pode ter contribuído para a formação de perspectivas diferentes juntos aos professores colaboradores em relação à temática.

Portanto, as diferentes perspectivas em relação aos *mitos* da CT (AULER, 2002) não fazem parte somente do grupo dos professores, mas também de outras instâncias da sociedade, tais como de cientistas, de programas televisivos e jornais.

5.4.3 Inserção real e potencial das nanotecnologias na disciplina de Biologia pelos professores colaboradores

Nesta seção descrevem-se as propostas implementadas ou não de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias nas aulas de Biologia. Para

isso, optou-se por descrever inicialmente a inserção real e em seguida a inserção potencial da temática segundo os professores colaboradores. Admite-se que o *ensino real das nanotecnologias* é aquele que já ocorre nas aulas de Biologia segundo os professores colaboradores. Já por *ensino potencial da nanotecnologia* foi considerado aquele que os professores sugeriram que poderiam desenvolver, portanto, nunca ocorreu e não se pode afirmar que ocorrerá, pois os professores colaboradores estavam respondendo quanto à possibilidade de ensinar a temática.

5.4.3.1 Inserção real das nanotecnologias na disciplina de Biologia

A professora Gilmara associou as nanotecnologias a duas temáticas trabalhadas na disciplina de Biologia: células e genética

Professora Gilmara (46): quando eu falo de célula, eu uso sempre o exemplo de câncer, aí sim eu entro com a nanotecnologia, aí eu explico pra eles é uma tecnologia, que na verdade, é um chipezinho, bem pequenininho, que tem a função de ir lá e fazer um monitoramento etc tal [...] (grifo nosso).

Professora Gilmara (49): quando a gente trabalha com recombinação gênica, ou genética, tanto faz, aí no finalzinho do 3º, quando eu falo, por exemplo, do câncer e daí faço com eles a questão da recombinação, então “vai recombinar?” nano é uma tecnologia pra isso, porque daí, de maneira geral, você pode citar em várias situações, mas especificamente só nesse conteúdo que a gente trabalha (grifo nosso).

Professora Gilmara (52): é quando eu entro em célula, por exemplo, no primeiro ano eu já estou trabalhando ácidos nucléicos, eu explico ácidos nucléicos, daí eu jogo lá, desenho com eles a célula e jogo lá dentro, daí começo de dentro pra fora ou de fora pra dentro, depende do perfil de turma que você tem, aí começo a falar da membrana que é assim, assim, assim, daí quando eu chego dentro do núcleo, por exemplo, eu cito lá a nanotecnologia, que é um chipezinho pequenininho que vai lá pra mapear, pra olhar o que tem (grifos nossos).

Assim, os conhecimentos em nanotecnologias aparecem nas aulas do primeiro e do terceiro anos do Ensino Médio, no entanto, a professora salientou, no final do trecho 49, que ela pode *citar* as nanotecnologias junto a outros conteúdos. Nas aulas sobre célula, mais especificamente sobre o núcleo celular, a temática aparece nas aulas da professora como uma aplicação tecnológica, um *chipezinho com a função de ir lá e fazer um monitoramento*,

supostamente, do DNA de células cancerígenas. Já em relação à genética, particularmente na recombinação gênica, as nanotecnologias foram citadas como uma tecnologia capaz de efetivar esta recombinação.

Interpretou-se que o ensino implementado por esta professora está relacionado às aplicações das nanotecnologias no mapeamento e manipulação de estruturas celulares relacionadas ao câncer. As nanotecnologias foram, então, um exemplo de tecnologia aplicada ao diagnóstico e tratamento do câncer nas aulas de Biologia da professora Gilmara.

A professora parece dedicar um tempo considerável de suas aulas a outras temáticas relacionadas à área médica mencionadas durante a entrevista: i) a análise de resultados de exames médicos; ii) a tipagem sanguínea dos alunos⁵⁶; iii) “só para falar de todos os canceres, por exemplo... você gasta mais de duas aulas”, revelando que o tema câncer parece não ser tratado de forma breve e generalista, mas de forma específica, revelando o quanto significativo são tais temáticas nas suas aulas. Isso parece estar relacionado às preferências pessoais da professora pela área médica, conforme já comentado.

Além disso, a única colaboradora que afirmou que seus alunos já haviam perguntado sobre as nanotecnologias foi a professora Gilmara.

Professor Gilmara (35): eles querem saber porque eles escutam, por exemplo, quem vai pra academia, a nanotecnologia já está bem empregada nos esteróides, nos hormônios, etc e tal, “como é que é isso?” Ai eu já lanço pra eles comecem a pesquisar e estudar sobre o tema.

Portanto, alguns alunos já vêm demonstrando curiosidade em relação às nanotecnologias durante as aulas e quando isso ocorre, a professora orienta que eles pesquisem sobre a temática. Em relação ao interesse dos estudantes, uma pesquisa realizada junto à 70 alunos do Ensino Médio da cidade de Santa Maria (RS) identificou que 58% afirmaram já ter ouvido ou lido sobre as nanotecnologias principalmente pela televisão e *internet* e 70% manifestaram interesse pela temática (ROSSATO et al., 2011).

⁵⁶ A tipagem sanguínea relatada pela professora foi realizada por profissionais de um laboratório de análises clínicas que foi até a escola coletar as amostras e posteriormente enviou os resultados aos estudantes.

O professor Jefferson relatou ensinar nanotecnologias principalmente da seguinte forma:

Professor Jefferson (190): eu trago pra eles [alunos] o batom com nanopartículas de ouro, desodorante com nanopartículas de alumínio... explico pra eles que não se tem conhecimento sobre isso, o que tem de evidência é que é altamente mutagênico e que eles estão usando no corpo deles

Pesquisadora: foi associada a algum conteúdo ou você falou para os seus alunos que isso existe?

Professor Jefferson (191): Não, saúde e meio ambiente... quando eu tô falando ali do aerossol, do desodorante, é nas aulas de anato e fisio ou também na aula de ecologia, falando sobre a água

Pesquisadora: como que foi essa aula?

Professor Jefferson (192): A aula de água né, eu cheguei propondo pra eles, aqui na escola, se eles beberiam a água do [rio] Passaúna... Chegava com um copo, pegava ali, se eles tomariam um gole

Pesquisadora: E aí?

Professor Jefferson (193): Ninguém quer né [risos]. Ai eu trago toda a história do rio pra eles, o rio nasce lá em Campo Magro, que é uma vila, uma invasão, todo esse problema social que está ligado ao rio, que já foi prainha, que é a represa, né... ai conto pra eles que eles são abastecidos aqui no caso pelo Passaúna, mas não são só eles, o milionário ali do Barigui também... então, eles não precisam ficar tristes... que a melhor água está lá em Piraquara, que tem reservatórios excelentes, ai a gente começa a entrar no tratamento, e ai, como cuidar? Como é que ela vai chegar boa? Como é que lá em São Mateus do Sul o povo bebe água do rio Iguaçu?... ai vai caminhando nesse sentido

Pesquisadora: Entendi... e onde a nanotecnologia entra aí?

Professor Jefferson (194): No que existe na água... o que é tratamento da água, o que a legislação prevê? Eu falo pra eles que não prevê... "tipo o que professor?" daí eu falo da nano...

Pesquisadora: Não tem legislação pra isso né

Jefferson (195): Não tem legislação, você acha que vai ter no rótulo da sua comida lá, "tem nanotubo de carbono", você acha que o cara vai colocar lá "cuidado é altamente cancerígeno, tem nanotubos" [...].

O professor falou em sala de aula da aplicação das nanotecnologias em produtos de beleza e higiene pessoal, como o batom e o desodorante. A partir disso, ele problematizou o uso destes produtos pelos alunos, considerando que há evidências de que podem causar danos aos usuários. Ele expandiu a discussão, questionando o descarte de nanomateriais no ambiente aquático e a ausência de legislação referente à retirada de nanomateriais da água e à rotulagem dos produtos nanotecnológicos.

Professor Jefferson (222): dentro daquilo que você já conta, você põe essa novidade, eu não fiz uma aula de nano, conforme vai tendo os espaços eu vou contando que as nanotecnologias existem... por exemplo, quando eu ensino unidades de medida eu vou até o micro, nano, pico, mas vou até o tera também, não fico no mili, dec, centi, ai eu vou, porque ai eu pego o computador, megabyte, gigabyte e pra eles fica mais claro também, principalmente porque eles têm

gigabytes de memória no celular, daí eles têm uma noção de quantidade.. então, já começa aí, quando eu ensino metrologia, algumas escolas no sexto outros no nono, depende do PPP (grifo nosso).

Da mesma forma que Gilmar, Jefferson também considerou que as nanotecnologias podem ser trabalhadas junto a várias temáticas, como a *metrologia*, trabalhada no Ensino Fundamental, em que ele aproveita para *contar que as nanotecnologias existem*. Neste sentido, outra aplicação das nanotecnologias foi apresentada pelo professor.

Professor Jefferson (192): eu trago a ideia do nanotubo pra eles, por causa do *ipod*... eles acham sensacional essas coisas... é ultra *high tech*, é super pequenininho... então... os *ipods* e etc. popularizaram os nanotubos de carbono (grifo nosso).

Neste trecho, ele salienta o interesse dos alunos por estas aplicações tecnológicas e o espaço que estas recebem em sala de aula.

Ainda em relação ao ensino real, há um relato de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias realizado pela pesquisadora em parceria com o Professor Jaudir, mas neste caso, não se considerou que o professor tenha inserido os conhecimentos em nanotecnologias em aula porque ele não planejou a aula e elaborou os materiais, embora também tenha auxiliado durante o desenvolvimento da aula. Esta aula foi implementada no período em que a pesquisadora atuava como estagiária de Licenciatura, conforme já explicitado.

A aula em questão aconteceu na oficina *Investigação no Campo das Ciências da Natureza* do Projeto Mais Educação, na qual participavam alunos de 6º ao 8º ano (antiga 5ª a 7ª série) do Ensino Fundamental. Esta oficina aconteceu em período diferente das aulas regulares e os alunos participavam voluntariamente.

Pesquisadora: e você já trabalhou nanotecnologia em sala de aula?
Professor Jaudir (55): bom, só aquela vez que você, agora eu vou me apoiar em você, aquela vez que a gente fez né, a gente trabalhou alguma coisa lá, não sei se vale [...] você trouxe um artigo e daí tinha um joguinho, alguma coisa... agora eu não lembro se o joguinho era disso ou se era de alguma outra coisa [...] estava bem aceitável, digamos que estava melhor pro Ensino Médio, mas tinha alguns ali que perceberam e conseguiram entender (grifo nosso).

O texto trabalhado não foi recuperado e o jogo funcionava de forma semelhante ao dominó, no qual os jogadores deveriam encontrar as correspondências entre unidades de comprimento.

Este episódio foi relatado a fim de compreender o posicionamento do professor Jaudir perante esta aula, o qual foi grifado no trecho anterior. Portanto, na percepção do professor, a temática e a forma trabalhada seria mais adequada ao Ensino Médio, no entanto ele ressaltou que alguns alunos do Ensino Fundamental *conseguiram entender*. Então, interpretou-se que a temática poderia ser trabalhada em ambos os níveis, no entanto, seriam necessárias alterações para o Ensino Fundamental. Acredita-se que para o Ensino Médio poderia ser associado a outro conteúdo e não às unidades de comprimento, visto que a escala métrica é mais trabalhada no Ensino Fundamental, conforme indicado pelo professor Jefferson no comentário 222, nas páginas 176 e 177 desta dissertação.

Em síntese, o ensino real das nanotecnologias na disciplina de Biologia ocorreu segundo dois professores que incluíram os conhecimentos em nanotecnologias ora de forma semelhante ora diferentes, pois ambos relataram que a temática apareceu em aula por meio de exemplificações, mas um deles também problematizou o uso dos produtos desta tecnologia. Tal diferença pode estar relacionada aos diferentes contatos com as nanotecnologias, formações e concepções de ensino.

5.4.3.2 Inserção potencial das nanotecnologias na disciplina de Biologia pelos professores colaboradores

Em relação ao ensino potencial, o professor Jaudir associou as nanotecnologias às temáticas da Biologia escolar e explicitou o que considera ser possível:

Pesquisadora: você vê então alguma relação entre nanotecnologia e Biologia?

Professor Jaudir (65): sim, primeiro já é o combustível dos robózinhas, e a outra e a alimentação e a medicação... se fosse pra

aprender numa área tinha que ser a Biologia, se bem que é biotecnologia né?

Pesquisadora: sim, tem uma área chamada bionanotecnologia

Professor Jaudir (67): ah, sim, tem o nano no meio.

O professor estabeleceu três relações entre Biologia e nanotecnologias: i) a primeira relação estabelecida é a de que os seres vivos podem ser o *combustível* para os nanorrobôs numa situação hipotética descrita pela Teoria da Gosma Cinzenta. Esta é a temática trabalhada pelo vídeo⁵⁷ referido pelo professor no trecho anterior. Cabe ressaltar que o professor não conhecia o vídeo, pois este foi indicado pela pesquisadora durante a entrevista, e o escolheu possivelmente pela temática ou por a pesquisadora ter indicado; ii) a segunda relação mencionada foi a de que as áreas de alimentação e de medicamentos empregam as nanotecnologias e são temáticas trabalhadas na disciplina de Biologia; iii) a terceira e última relação foi a de que as nanotecnologias estão mais associadas à biotecnologia do que à Biologia.

Quando questionado se tais relações poderiam ser trabalhadas em aula o professor respondeu:

Professor Jaudir (68): Dá sim, dá até para abrir os olhos deles... eu vou fazer o seguinte... você vai me passar esse filminho, que eu tenho um outro lá que fala sobre os hormônios do... eu descobri um lá de sete minutos que fala dos hormônios dopamina, serotonina, que são muito poderosos, como é que é... é uma animação e ai eu vou encaixar ... de repente não tem muito a ver, mas dá pra encaixar numa aula pra conversar... eu vou tentar passar né, contemplar isso ai pra eles.

Aparentemente apenas uma das relações – os seres vivos como potenciais *combustíveis* para os nanorrobôs - foi explorada na proposta de aula apresentada pelo professor. Ele mencionou que poderia utilizar aquele vídeo em uma aula talvez juntamente com outro vídeo sobre hormônios, no entanto demonstrou não estar seguro desta associação. Os vídeos seriam seguidos por uma *conversa* com a finalidade de “contemplar isso ai pra eles” e “abrir os olhos deles”, ou seja, problematizando as nanotecnologias.

Heloísa, assim como outros professores colaboradores, relacionou as nanotecnologias à biotecnologia, mas também à outra temática: a evolução

⁵⁷ O vídeo mencionado é intitulado “como destruir o mundo com nanotecnologia”, é legendado, dura cerca de seis minutos e apresenta um cenário hipotético descrito pela Teoria da Gosma Cinzenta. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=c4r_7VYJTWM>. Acesso em: 18/10/2015.

humana. Inicialmente ela sugeriu uma forma de inclusão dos conhecimentos em nanotecnologias junto à biotecnologia:

Pesquisadora: como que a gente poderia inserir a nanotecnologia ai [na biotecnologia]?

Professora Heloisa (84): eu acho que do mesmo jeito que você vai ali falando de todas essas modificações que estão acontecendo, das células tronco, que é uma coisa assim, muito discutida, que eles se interessam muito em saber disso ai, como foi aquela discussão sobre as células tronco embrionárias.

Ela sugeriu que as nanotecnologias pudessem ser inclusas como um tema de discussão, assim como ela já trabalha a temática das células tronco embrionárias. Ela contou que nestas discussões os estudantes participam bastante e geralmente são contrários ao uso destas células por motivos religiosos. Além disso, o tema “células tronco embrionárias” também é trabalhado com exercícios e é requisitado na prova:

Professora Heloisa (90): geralmente depois eu faço um questionário, eles respondem, eu vou mostrando pra eles o que está certo, o que que está errado e daí a gente pede pelo menos uma ou duas na prova.

Posteriormente, a professora Heloisa relacionou as nanotecnologias também à evolução humana:

Pesquisadora: então, agora eu queria que você me explicasse melhor qual é a relação que você está vendo entre Biologia e nanotecnologia
 Professora Heloisa (101): olha, a nanotecnologia ela vai ser enquadrada realmente nas biotecnologias e ai está mostrando também a questão do avanço, da evolução... toda a parte de evolução você vai trabalhar porque os alunos, quando você fala em evolução eles falam “ah, mas então não tem mais evolução”, não, mas como não tem, continua tendo evolução em todos os sentidos até na parte social, então é bem interessante você trabalhar essa parte da nano mostrando pra eles essa parte da evolução que está vindo ai, mas que até a pouco tempo atrás, a evolução corria sem ter tanta tecnologia envolta e que o homem não estava interferindo tanto nela e agora está interferindo, já começou a interferir bastante quando ele teve muito acesso a tecnologia pra armamento e a gente sabe que eles tem armamentos perigosos, como essas bombas, mas a bomba atômica agora é um mínimo né, tem coisa mais perigosa [...]

Pesquisadora: então, a relação que você fez entre nanotecnologia e biologia foi a nanotecnologia interferindo na evolução?

Professora Heloisa (102): isso, ela interfere, lógico, não é uma coisa ruim, é uma coisa boa também, é uma evolução, todo mundo tem que ter uma evolução, eu acho importante a evolução do conhecimento, tudo que você puder melhorar, por exemplo nessa questão de saúde, poxa a gente vê tanta gente morrendo de câncer, uma doença que judia tanto né, então se você puder, se essa evolução for para melhorar, pra te ajudar, pra pessoas terem um vida melhor, uma qualidade melhor de vida, nossa eu acho muito interessante [...] (grifos nossos).

Ao relembrar alguns comentários de alunos de que não há mais evolução humana, a professora Heloisa propõe que as nanotecnologias possam ser um exemplo de como o homem está interferindo na sua própria evolução. Esta interferência não seria somente de forma negativa, com as guerras, mas também de forma positiva salvando vidas por meio dos tratamentos médicos.

Questionada a respeito da possibilidade de ensinar estas relações, a professora comentou que:

Pesquisadora: como poderia ser essa aula?

Professora Heloisa (104): eu acho que você pode, em primeiro lugar, você pode preparar uns slides bons, explicando pra eles o que já foi feito, as reações, aquilo que você me falou, na questão da prata, do ouro, do alumínio, que pode até se tornar explosivo, então mostrando todo esse cuidado que você deve ter, então, acho que deve ser mostrado tudo isso pra eles, e depois mostrando pra eles, primeiro pedindo pra eles o que eles acham que pode acontecer, joga pra eles primeiro ai depois que deles falarem você pode ter preparado uns slides mostrando os perigos, os cuidados... eu acho que é interessante sim (grifo nosso)

Pesquisadora: isso daria pra trabalhar junto de que tema?

Professora Heloisa (105): lá com biotecnologia no 3º ano, dá pra pegar uma aulinha, provavelmente mais de uma aula porque o assunto vai ser interessante.

Assim, infere-se que a proposta de aula da professora envolveu explicar com o auxílio da projeção de *slides* “o que já foi feito” a partir das nanotecnologias, ou seja, uma exposição sobre o tema. Em seguida, que os alunos sejam questionados quanto às possíveis consequências destas tecnologias e no final ela sistematizaria os *perigos e cuidados*, também com o suporte dos *slides*. A temática poderia ser trabalhada juntamente com as biotecnologias e em mais de uma aula “porque o assunto vai ser interessante”, segundo a professora.

Portanto, Heloisa sugeriu duas propostas de inclusão dos conhecimentos em nanotecnologias, em dois momentos diferentes da entrevista, no entanto, interpretou-se que as duas formas se complementam. Nesta complementariedade, a inclusão iniciaria com uma apresentação geral sobre a temática seguida por uma discussão, com os estudantes, sobre as possíveis consequências e posteriormente uma apresentação em que a professora sistematizaria os *perigos e cuidados* em relação à temática.

Também há a possibilidade de que os conhecimentos em nanotecnologias fossem inclusos juntamente com exercícios, do tipo questionários, que poderiam fazer parte da avaliação, assim como já ocorre com as discussões de outras temáticas nas aulas desta professora.

Já a professora Shenia propôs que as nanotecnologias possam ser ensinadas sem aprofundamentos no Ensino Médio:

Professora Shenia (80): legal, mas eu acho que mesmo assim é um assunto bem a fundo pra trabalhar em sala de aula... eu acho que talvez numa faculdade é até legal [...].

A professora também argumentou porque esta temática não poderia ser um conteúdo na disciplina de Biologia:

Professora Shenia (113): - mais você sabe que eu ainda acho um conteúdo muito a fundo pra ser trabalhado no Ensino Médio, é que nem eu te falei, as vezes, a gente não dá nem conta de terminar o conteúdo básico, igual reino animal, tanta coisa, eu vou ter que passar batido por eles, as vezes eles tem curiosidade de saber aquilo ou aquilo outro, não faz nem ideia que... sei lá, que o porífero, por exemplo, é um animal, então é uma coisa que pra você levar pra eles, esse tipo de conhecimento é mais válido do que esse tipo de conhecimento, aí um dia se a pessoa gostar desta área e for trabalhar com esta área na faculdade, beleza, ótimo, maravilhoso, mas eu acho que na escola

Pesquisadora: ainda não?

Professora Shenia (114): - ainda não, ou fazer igual eu te falei comentários, mas não colocar isso como conteúdo

Pesquisadora: isso, ai que eu estou discutindo, se realmente é um conteúdo

Professora Shenia (115): não, acho que não é válido como um conteúdo, acho que pra exemplos, conversas, igual quando a gente está falando de divisão celular, câncer, ou em outras situações, até mesmo quando trabalha meio ambiente, preservação da água, será que isso não está interferindo, dar uma trabalhada um pouco, mas não assim pra conteúdo específico, nem cabe mais conteúdos específicos

[risos]

Professora Shenia (116): só que a gente ia tirar um monte de coisa, certo? (grifos nossos).

Na perspectiva da professora Shenia os conhecimentos em nanotecnologias na Educação Básica podem aparecer em *comentários* e *exemplos* em *conversas* sobre o tratamento do câncer ou sobre a interferência na preservação das águas, mas não como um conteúdo específico na disciplina de Biologia, pois dessa maneira seria necessário retirar outros conteúdos.

As relações das nanotecnologias com o tratamento de câncer e também com a preservação das águas foram mencionadas pela pesquisadora à Shenja durante a entrevista, quando relatava as aulas da professora Gilmar e do professor Jefferson. Tais relações também foram eleitas pela professora para compor sua proposta de ensino das nanotecnologias.

As nanotecnologias não poderiam ser inclusas como um conteúdo específico na disciplina de Biologia, segundo a professora Shenja, em função de não haver tempo suficiente nem para que todos os “conteúdos básicos” da Biologia sejam trabalhados. Neste contexto, para ela, não se pode incluir mais conteúdos, pois há conhecimentos *mais válidos* para a disciplina, como as curiosidades dos alunos sobre os animais, que por vezes não são trabalhadas em aula. Os aprofundamentos em relação à temática discutida são mais adequados ao Ensino Superior, segundo a professora, para aqueles que optarem por profissões que envolvam as nanotecnologias.

5.4.4 Análises do ensino real e potencial das nanotecnologias relatado pelos professores colaboradores

Finalmente são analisados os relatos dos professores colaboradores em relação ao ensino real e potencial das nanotecnologias. Para isso, os critérios que subsidiaram esta análise foram: i) termo utilizado para referir-se a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na disciplina de Biologia; ii) justificativas para esta inserção; iii) estratégias de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na disciplina de Biologia; iv) interdisciplinaridade; v) abordagem problematizada no ensino das nanotecnologias; vi) formação docente; vii) uso das tecnologias de Informação e Comunicação pelos professores; viii) modalidade de constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias; ix) obstáculos à inserção. Tais critérios foram elaborados a partir de elementos presentes nas entrevistas e visam compreender como os conhecimentos em nanotecnologias foram ou podem ser inseridos na disciplina de Biologia.

i) termo utilizado pelos professores colaboradores para referir-se a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na disciplina de Biologia;

Assim como no estudo exploratório, no qual os professores de Química distinguiram as palavras usadas para se referir ao ensino das nanotecnologias em aula, quatro professores colaboradores também explicitaram esta diferenciação.

A professora Gilmara iniciou questionando o termo *trabalhar a nanotecnologia* em aula:

Pesquisadora: e, você trabalha nanotecnologia em sala de aula?

Professora Gilmara (46): o que você entende por trabalhar? É porque assim, eu falo sobre, contextualizo sobre, mas trabalhar não. [...]

Professora Gilmara (50): É, e daí em célula eu só cito pra eles, não trabalho em sala, na verdade eu não faço prática nenhuma com eles.

Na fala da professora Gilmara, *trabalhar a nanotecnologia* envolveria o desenvolvimento de atividades práticas, por isso ela descreve que *fala, contextualiza, cita* a temática. Ao longo da entrevista ela denominou de práticas as seguintes atividades: identificação de material biológico, desenvolvimento de experimentos de crescimento microbiano, cozinhar, produção de vídeos e músicas, entre outras. Assim, inferiu-se que para esta professora trabalhar algum conteúdo significa desenvolvê-lo com práticas. Neste sentido, só pode-se usar a expressão em *trabalhar* as nanotecnologias se houvessem atividades práticas sendo desenvolvidas.

O professor Jefferson também fez esta ressalva quanto ao termo *trabalhar o conteúdo nanotecnologia* porque este não é o tema da aula.

Pesquisadora: você já trabalhou com nanotecnologia em sala de aula?

Professor Jefferson (188): Já

Pesquisadora: Já, legal!

Professor Jefferson (189): Não trabalhei o conteúdo nanotec, eu não to assim, né...

[...]

Professor Jefferson (223): eu não preparo uma aula ou um conjunto de aulas e até uma avaliação sobre isso, então o meu tema de aula não é nanotecnologia, meu tema de aula é ciências... se eu tô lá falando sobre corpo humano e tô falando sobre pele, por exemplo, ou tecido epitelial, eu vou falar do desodorante, eu vou falar do desodorante com nanopartícula, entendeu, mas eu não vou preparar uma aula e daí vou recapitular tudo isso, então não existe aula de nanotecnologia, existe nanotecnologia nas aulas (grifo nosso).

Neste sentido, não há um conteúdo sobre nanotecnologias, assim como a professora Shenia também coloca. *Trabalhar* as nanotecnologias seria trabalhar o conteúdo, o tema da aula. Mesmo quando o termo *trabalhar* é utilizado este vem com um sentido reduzido, conforme expresso pela professora Shenia:

Professora Shenia (113): [...] preservação da água, será que isso não está interferindo, dar uma trabalhada um pouco (grifo nosso).

O professor Jefferson também explicitou que esta aula em que as nanotecnologias estavam presentes provavelmente ocorreu no Ensino Fundamental, pois o tema das aulas era ciências, conforme trecho 223 apresentado na página anterior.

O professor Jaudir também questionou o termo utilizado:

Pesquisadora: eu já tinha esquecido que já tinha dado aula de nano
Professor Jaudir (64): you não chegou a dar aula, you incluiu alguns conceitos naquela parte, porque lembra que era introdução a pesquisa? (grifo nosso).

O professor referiu-se a uma aula em que a pesquisadora falou sobre nanotecnologias com alunos do Ensino Fundamental por meio de um texto, conforme anteriormente apresentado. Para o professor Jaudir, trabalhar um texto sobre nanotecnologias não significa “dar uma aula sobre nanotecnologia”, mas sim *incluir alguns conceitos* da temática na aula. Neste sentido, há aproximação daquilo dito pelo professor Jefferson de que não há aula sobre as nanotecnologias e sim inclusão [de conceitos] da temática na aula.

Os termos adequados e os inadequados segundo os professores colaboradores para referir-se aos ensinamentos reais e potenciais sugeridos por eles e evidenciados nesta pesquisa constam no QUADRO 11.

QUADRO 11 TERMOS ADEQUADOS E INADEQUADOS SEGUNDO OS PROFESSORES COLABORADORES PARA SE REFERIREM AO ENSINO REAL E POTENCIAL DAS NANOTECNOLOGIAS

	TERMOS ADEQUADOS	TERMOS INADEQUADOS
Professora Gilmara	“eu falo”; “eu cito”; “ eu contextualizo”; “ eu explico”	“eu não trabalho”; “não faço prática”
Professor Jefferson	“Contando”; “existe nano nas aulas”; “eu trago”; “eu explico”	“não existe aula de nano”; “não trabalhei” “meu tema de aula não é nanotecnologia”
Professor Jaudir	“you incluiu alguns conceitos”	“you não chegou a dar aula”
Professora Shenia	“preservação da água, será que isso não está interferindo, dar uma trabalhada um pouco”	“mas não assim pra conteúdo específico”

FONTE: A autora (2016).

Esta diferenciação de termos auxilia na compreensão da perspectiva dos professores em relação à inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no ensino de Biologia. Nos sentidos colocados pelos professores colaboradores as nanotecnologias aparecem associadas aos conhecimentos escolares tradicionais e não como um item a mais no programa da disciplina, como um novo conteúdo, um conteúdo específico.

ii) justificativas para a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na disciplina de Biologia

Vários motivos foram explicitados pelos professores para o ensino das nanotecnologias. Estes motivos aproximavam-se de dois elementos principais: alunos e a própria temática. As características das nanotecnologias que mobilizam os professores a inserirem-na em aula foram: “é algo aplicável, palpável, existe”, “tá bastante presente no dia a dia deles” e “está em ascensão”. Já nos motivos relacionados aos alunos, afirmaram que: “há falta do conhecimento”, “ele tem que saber o que está acontecendo, tudo que é novo, que está acontecendo, está se modificando, a gente tem que passar pra eles”, “para abrir os olhos deles”; “tá bastante presente no dia a dia deles” e “para contemplar isso pra eles”.

Assim, os motivos que justificaram a inserção da temática nanotecnologias no ensino de Biologia segundo os professores colaboradores foram o fato destas tecnologias estarem “em ascensão”, com aplicações presentes no cotidiano e que podem ser visualizadas pelos alunos. Estes por sua vez precisam conhecer as nanotecnologias porque, segundo os professores, eles não a conhecem, mas precisam conhecê-la porque é algo que está acontecendo e, portanto é necessário “abrir os olhos” dos estudantes.

iii) Estratégias de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias utilizadas pelos professores colaboradores

No QUADRO 12 foram sistematizadas as 4 estratégias de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na disciplina de Biologia, as mesmas consideradas para a análise dos livros didáticos na seção 5.2.4. Tal quadro traz

também a frequência em que estas formas aparecem nas falas dos professores. O asterisco (*) inscrito no QUADRO 12 aponta que esta modalidade, embora não tenha sido adotada pela professora, é utilizada quando os alunos é que inserem a temática em aula, questionando a professora, que por sua vez os orienta a pesquisarem sobre a temática. Já o sinal (**) indica que a professora Shenía concordou com o ensino implementado pela professora Gilmara e pelo professor Jefferson, portanto, não foi uma proposição elaborada por ela própria.

QUADRO 12 - ESTRATÉGIAS DE INSERÇÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS SEGUNDO PROFESSORES DE BIOLOGIA.

Legenda: (-) ausente (+) presente

ENSINO	PROFESSOR(A)	DEBATE	EXEMPLIFICAÇÃO	EXPOSIÇÃO	PESQUISA
Real	Gilmara	-	+	-	-*
	Jefferson	-	+	-	-
Potencial	Heloisa	+	+	+	-
	Jaudir	-	-	+	-
	Shenia**	-	+	-	-

FONTE: A autora (2016).

De forma geral, as *exemplificações* apareceram com maior frequência nos relatos e sugestões dos professores colaboradores, em menor frequência a *exposição* e o *debate* e nenhum dos professores colaboradores empregou ou empregaria a estratégia da *pesquisa*. Considerando a distinção entre ensino real e potencial das nanotecnologias as estratégias foram diferentes. Enquanto no ensino real os professores tenham adotado a estratégia de exemplificação, no ensino potencial os professores propuseram variadas estratégias que poderiam ser utilizadas no ensino das nanotecnologias. Estes últimos professores afirmaram optar, na maioria das vezes, por exemplificações e exposições, e em um dos casos por debates. Apenas uma dentre os professores colaboradores considerou que poderia utilizar mais de uma estratégia para o ensino potencial das nanotecnologias.

Os conhecimentos em nanotecnologias foram inseridas ou sugeridas na maioria das vezes como *exemplificações* de várias temáticas no ensino de Biologia: de tratamento de câncer, de recombinação gênica e de interferente da pureza da água, na saúde e evolução humana. A maioria dos professores afirmou que poderia adotar tal estratégia, no entanto considerou-se que um dos

professores não fez esta adoção, pois no relato de como realizaria esta inserção, ele não relacionou as nanotecnologias como um exemplo de algum conteúdo trabalhado, apesar dele reconhecer que há relações entre temáticas da Biologia escolar e as nanotecnologias.

A estratégia *exposição* foi mencionada como possibilidade por dois professores. A exposição descrita pela professora Heloisa consistiria na apresentação das nanotecnologias, por meio de *slides* e da fala da professora, aos estudantes principalmente em relação à escala, propriedades diferenciadas e exemplos de aplicações, cabe lembrar que estes tópicos foram mencionados pela pesquisadora durante a entrevista. O professor Jaudir considerou trabalhar com os estudantes um vídeo sobre a Teoria da Gosma Cinzenta e, desta maneira, ele estaria realizando uma exposição sobre um tópico das nanotecnologias, sem relacionar a exposição a nenhuma temática da disciplina de Biologia.

O *debate* foi indicado como possibilidade por uma das professoras, a qual sugeriu que houvesse inicialmente uma exposição sobre a temática, seguida por um debate no qual os alunos são convidados a discutir sobre os possíveis impactos das nanotecnologias.

Embora a *pesquisa* não tenha sido considerada como uma estratégia para o ensino das nanotecnologias pelos professores colaboradores, ela foi relatada na maioria das entrevistas como um encaminhamento presente nas aulas dos professores colaboradores. A exemplo disso, a professora Shenia afirmou trabalhar a biotecnologia por meio de solicitação de pesquisa aos estudantes sobre as áreas desta tecnologia e posteriormente eles apresentam suas pesquisas à turma. Alguns professores também relataram que tal estratégia é adotada quando há escassez de tempo de aula para trabalhar os conteúdos e, assim, não dispõem tempo das aulas para tal temática, mas podem considerar que o aluno estudou-a. Além disso, a professora Gilmara relatou que quando os estudantes questionam sobre as nanotecnologias, ela orienta-os a pesquisarem sobre a temática. Não se considerou que ela tenha inserido a temática em suas aulas por meio da pesquisa porque a iniciativa foi dos estudantes e, além disso, entendeu-se que tal encaminhamento foi realizado somente para estes alunos e não para toda a turma.

Portanto, as exemplificações foram as estratégias de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias mais adotadas pelos professores colaboradores na disciplina de Biologia, mas também as estratégias de exposição e debate foram consideradas por eles.

iv) Interdisciplinaridade

A interdisciplinaridade não foi uma questão explorada explicitamente na entrevista. Apesar disso, dois professores mencionaram-na como algo presente em suas aulas, como revelam os dois trechos a seguir:

Pesquisadora: como é a sequência desta aula [sobre Vale do Silício], como é o início, meio e fim desta aula?

Professor Jefferson (115): Geografia... o início é geografia

Pesquisadora: Como assim?

Professor Jefferson (116): Porque eu faço eles terem a noção de que o ambiente é dinâmico, que se modifica, que tem lugares com terra secas e que eram inundadas e que o oposto também acontece [...].

Pesquisadora: alguns professores dizem que não dá tempo de trabalhar os conteúdos

Professora Gilmara (14): nem 30% [...]

Pesquisadora: e como você faz?

Professora Gilmara (15): e assim, você tem que lembrar que dentro da Biologia, e porque que eu falo que Biologia é bem ruim nesse sentido, porque você pega lá ... arte você puxa um conteúdo lá e foco naquilo e Biologia eu não consigo fazer isso porque eu tenho que falar de História, Geografia, Língua Portuguesa... tem que trazer e isso é ruim.

Cabe ressaltar que a professora afirmou que a interdisciplinaridade é *ruim* porque não lhe permite focar nos conhecimentos apenas do ponto de vista da Biologia, mas ela precisa trabalhar também conhecimentos da História, Geografia, Língua Portuguesa, e por isso tem “menos tempo” para se dedicar aos conteúdos da Biologia em aula. Isso não quer dizer que a professora considere a interdisciplinaridade ruim em si própria, pois se assim fosse, ela não a consideraria uma necessidade.

Quanto à inserção dos conhecimentos em nanotecnologias, apenas um dos professores mencionou algo em relação à disciplina que deveria comportar esta temática:

Professor Jaudir (66): se fosse pra aprender numa área tinha que ser a Biologia, se bem que é biotecnologia né?

Portanto, a Biologia foi indicada pelo professor para o ensino das nanotecnologias. Nenhum professor sinalizou que a temática tinha relação com outras disciplinas escolares ou que as nanotecnologias têm caráter interdisciplinar, no entanto, relembra-se que a interdisciplinaridade não foi explicitamente tratada nas entrevistas.

v) Abordagem problematizada no ensino das nanotecnologias

A maioria dos professores colaboradores inseriu ou inseriria as nanotecnologias na disciplina de Biologia com uma abordagem problematizada. Neste sentido, os professores relataram benefícios decorrentes das nanotecnologias, mas também possíveis danos e riscos causados pelo desenvolvimento e/ou uso delas. Os trechos a seguir evidenciam os danos associados às nanotecnologias, mencionados pela maioria dos professores colaboradores:

Professor Jefferson (68): [...] quando você conta numa aula de Ecologia eles ficam chocados com as alterações ambientais que existem, eu falo num aula dessa questão da nanotecnologia, eu falo em nanotec.

Professora Heloisa (104): [...] primeiro pedindo pra eles [alunos] o que eles acham que pode acontecer, joga pra eles primeiro, ai depois que eles falarem você pode ter preparado uns slides mostrando os perigos, os cuidados [...].

Professor Jaudir (68): Dá sim, dá até para abrir os olhos deles... [...]

Professora Shenian (115): [...] preservação da água, será que isso [nanotecnologia] não está interferindo.

Já os trechos a seguir revelam que os mesmos professores também relataram benefícios destas nanotecnologias:

Professor Jefferson (205): [...] quando eu conto que isso aqui [segurando um MP3 na mão, o qual estava sendo usado para a gravação da entrevista] tem os nanotubos... e tudo é nano, tudo é nano, o batom de ouro, o rímel que alonga cílio ... ai vira presente.

Professora Heloisa (102): se essa evolução [humana em relação às nanotecnologias] for para melhorar, pra te ajudar, pra pessoas terem um vida melhor, uma qualidade melhor de vida, nossa eu acho muito interessante, muito bom, muito importante para a nossa vida.

Professor Jaudir (71): [...] porque eles têm que saber o que vem por aí né? No futuro deles, certo? Porque... o que eles vão consumir... sendo alimento ou medicamento melhorados [...].

Professora Shenia (93): eu já fico pensando como é que ficam as nossas células [com as nanopartículas bactericidas dos desodorantes], coitadinhas... se matando as bactérias... mas se no câncer consegue eliminar só ruins, já é uma ótima novidade, porque nos tratamentos de câncer você destrói geral.

Assim, considerou-se que a maioria dos professores colaboradores procurou inserir a temática junto a uma abordagem problematizada das nanotecnologias. Tal abordagem pode possibilitar a desconstrução de mitos da CT (AULER, 2002), principalmente em relação à neutralidade das nanotecnologias. Desta maneira, os estudantes podem construir uma visão mais crítica das nanotecnologias, percebendo que elas podem trazer benefícios, mas também representam riscos e danos ao ambiente e à saúde humana.

vi) Formação docente

A formação docente também não foi questionada de forma explícita nas entrevistas. No entanto, duas professoras afirmaram que palestras e cursos são interessantes e necessários principalmente para que as questões *científicas recentes* possam ser incorporadas ao ensino de Biologia.

Professora Shenia (70): eu acho que se fosse né teria que começar de um ponto de partida, e não assim “vamos lá, você que está há 30 anos ensinado Biologia agora vai ter que ensinar nanotecnologia”, não é bem assim que funciona, talvez as gerações que estão vindo, que estão estudando Biologia, se acrescentar isso na faculdade para eles saírem preparados, né, se não, não tem condições nenhuma mesmo, ou oferecer cursos (grifo nosso).

Professora Heloísa (95): é bem interessante isso se a gente pudesse ter palestras, cursos com pessoas ligadas a estas áreas e pudessem trazer pra gente o que é que houve de diferente [...] (grifo nosso).

Além disso, a professora Gilmara afirmou que nunca participou de um curso sobre esta temática e por isso atribuiu uma baixa nota sobre seu conhecimento sobre as nanotecnologias, apesar de ter ouvido falar desta tecnologia durante a formação inicial. Ela também descreveu como faz para

preparar uma aula sobre um tema não trabalhado nos cursos em que participou.

Professora Gilmara (37): eu nunca fiz um curso sobre esta área, então quando eu tenho que preparar sobre o tema eu pesquiso, monto uma explicação mais básica sobre o tema e daí puxo exemplos né, exemplo que eles conheçam porque senão eles ficam voando [...].

Apesar de nunca ter feito um curso específico em nanotecnologias, as pesquisas na *internet* auxiliaram a professora na inserção da temática como exemplos em suas aulas.

vii) Uso das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) pelos professores colaboradores

Chama a atenção nas falas de todos os professores o uso das TICs durante as aulas mencionadas nas entrevistas. Os recursos mencionados foram: gravação de vídeo para publicação no *Youtube*, uso do *WhatsApp* e do *Facebook* para troca de informações e dúvidas entre os alunos e também entre os alunos e os professores, exibição de vídeos, *slides* com imagens e textos, elaboração de *blogs*, uso de *site* para simulação de clonagem animal e uso do próprio aparelho celular da professora quando os equipamentos em sala de aula não funcionam. Portanto, tais recursos são utilizados pelos professores em sala de aula e também poderiam ser empregados no ensino das nanotecnologias, assim como foram sugeridos nas propostas da professora Heloisa, com uso de *slides*, e do professor Jaudir que indicou o uso de vídeos.

viii) modalidade de constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias

Neste critério, foram considerados os conteúdos que já compõem tradicionalmente o currículo de Biologia e que foram articulados pelos professores ao ensino das nanotecnologias.

Os professores colaboradores relacionaram vários temas da Biologia escolar às nanotecnologias, nas palavras deles: ao tratamento de câncer, à recombinação genética, à anatomia e fisiologia, meio ambiente e ecologia, ao

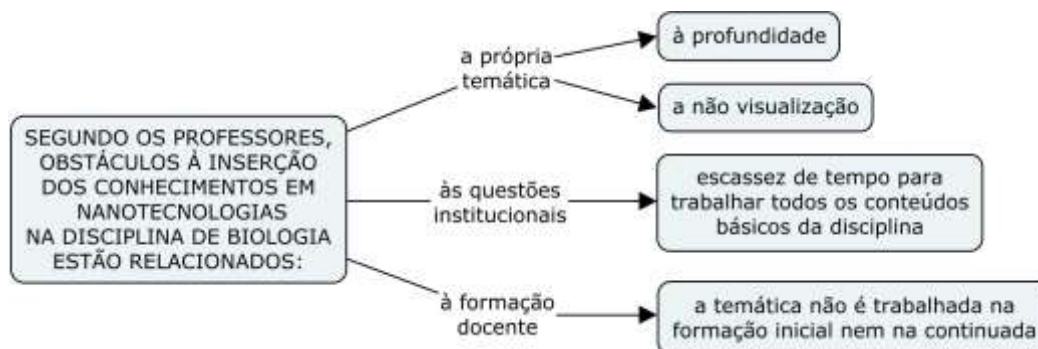
tratamento de água, à água de reuso, aos alimentos ultraprocessados, à divisão celular, à biotecnologia e à evolução humana. Isso indica que a tecnologia em questão é e pode ser trabalhada de forma ampla e associada a vários conteúdos tradicionalmente já presentes na Biologia escolar. O único conteúdo escolar tradicional que foi articulado às nanotecnologias por mais de um professor foi a biotecnologia, no entanto, isso pode ter ocorrido porque durante a entrevista também se tratou sobre o ensino deste conteúdo, o que pode ter influenciado.

Pelo fato dos professores indicarem relações entre os conhecimentos em nanotecnologias e outros elementos escolares - tais como disciplina, conteúdos escolares tradicionais, atividades didáticas, conhecimentos de alunos - interpretou-se que a maioria dos professores colaboradores utilizou a modalidade *baseada na escola* para constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias. Um dos professores colaboradores ao sugerir o ensino das nanotecnologias não o associou às temáticas do ensino da Biologia, embora ele tenha reconhecido que temáticas como alimentação e fármacos são relacionadas às nanotecnologias. Neste sentido, interpretou-se que esse professor empregou a modalidade *baseada nas nanotecnologias* para a constituição dos conhecimentos escolares em nanotecnologias.

ix) obstáculos à inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na disciplina de Biologia

Alguns obstáculos à inserção da temática apareceram espontaneamente nas falas dos professores e foram esquematizados na FIGURA 17.

FIGURA 17 - ESQUEMA REFERENTE AOS OBSTÁCULOS À INSERÇÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS NA DISCIPLINA DE BIOLOGIA SEGUNDO OS PROFESSORES COLABORADORES



FONTE: A autora (2016).

Quatro obstáculos à inserção dos conhecimentos em nanotecnologias foram apontados pelos professores, sobre os quais se discorreu a seguir.

Em relação às nanotecnologias, esta foi considerada como um tema “profundo” supostamente por ser uma temática bastante ampla e interdisciplinar. Vale lembrar que a compreensão das nanotecnologias também foi considerada “difícil” por licenciandos (LIMA; ALMEIDA, 2012) e por professores de Química, conforme evidenciado no estudo exploratório.

Também foi apontada a não visualização das nanotecnologias pelos estudantes

Professora Gilmara (37): [...] puxo exemplos né, exemplo que eles conheçam porque senão eles ficam voando, porque como eu não consigo mostrar nada disso pra eles, como é que eu vou mostrar a nanotecnologia pra eles? (grifo nosso).

A abstração e a complexidade dos conhecimentos em nanotecnologias também foram apontadas por licenciandos em Física como obstáculos à inserção da temática no Ensino Médio (LIMA E ALMEIDA, 2012). Neste sentido, acredita-se que os recursos visuais podem auxiliar, mas devem ser utilizados com cautela (SILVA *et al.*, 2006), conforme discussão realizada na seção 5.2.3.

A escassez de tempo para trabalhar os conteúdos básicos da disciplina de Biologia foi indicada como um fator limitante à introdução de novos temas na disciplina: “a gente não dá nem conta de terminar o conteúdo básico, igual

reino animal, [...] então é uma coisa que pra você levar pra eles, este tipo de conhecimento é mais válido do que este tipo de conhecimento” (professora Shenia (113), página 182). Neste sentido, são privilegiados os conteúdos básicos da Biologia escolar e não temáticas contemporâneas segundo a professora, pois para que estas fossem trabalhadas seria necessária a exclusão de alguns conteúdos, conforme trecho 116, página 182.

A ausência da temática na formação inicial e continuada dos professores também foi apontada como um obstáculo, conforme a fala da Professora Shenia, trecho 70, apresentado na página 191.

No entanto, nenhum destes obstáculos impediu que as nanotecnologias fossem inclusas de alguma forma pelos professores em suas aulas. Tais obstáculos parecem ser considerados para moldar a forma pela qual as nanotecnologias foram ou poderiam ser inseridas nas aulas. Assim, a escassez de tempo e de formação docente neste tema específico, bem como a complexidade e abstração dos conhecimentos em nanotecnologias moldaram a inserção desta temática nas aulas, resultando em uma inserção por meio de exemplificação, majoritariamente.

Em suma, a exemplificação é aparentemente a estratégia mais simplificada, pois que não exigiu a utilização de outros recursos, além da fala do professor, não ocupou muito tempo para ser explicitada durante a aula, bem como não requer que o exemplo seja conhecido a fundo pelo professor. Por isso, talvez, seja uma das primeiras estratégias pelas quais elementos da cultura sejam inseridos por professores na disciplina de Biologia.

Estratégias mais elaboradas, como a exposição, a pesquisa (cujos resultados são explorados em aula) e o debate, requerem mais espaço na disciplina e tempo de aula, pode pleitear a participação dos estudantes e também exige maior compreensão pelo professor. Apesar destas estratégias exigirem mais de professores e alunos para que ocorram em sala de aula, elas também foram sugeridas por professores colaboradores para o ensino das nanotecnologias.

Todas as estratégias adotadas pelos professores colaboradores permitem aproximar os conhecimentos científicos e tecnológicos aos estudantes, bem como possibilitam que tal aproximação ocorra com uma abordagem problematizada das nanotecnologias. Nesse sentido, mesmo a estratégia mais simples, a exemplificação, permitiu que tal abordagem ocorresse, a exemplo do caso do professor Jefferson.

A partir disso cabe questionar: inserir os conhecimentos em nanotecnologias por meio destas estratégias contribui para que as finalidades atribuídas ao ensino de Biologia sejam atingidas? As respostas a estas questões podem orientar a permanência, as transformações ou exclusões da forma como os professores inseriram ou inseririam os conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio.

Argumenta-se ainda que tais estratégias foram adequadas aos contextos e condições que os professores tinham para desenvolver seu trabalho, haja vista que mesmo sem formação específica nesta temática, inseriram conhecimentos em nanotecnologias que possibilitam ao estudante ter uma dimensão médica e ambiental das aplicações e implicações do uso das nanotecnologias no cenário atual, atingindo algumas finalidades do ensino de Biologia, conforme discutido no Capítulo II.

Na seção a seguir, busca-se analisar a constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias que vem ocorrendo por meio dos livros didáticos e pelos professores colaboradores.

5.5 ANÁLISES DA CONSTITUIÇÃO DO CONHECIMENTO ESCOLAR SOBRE NANOTECNOLOGIAS POR LIVROS DIDÁTICOS E PROFESSORES DE BIOLOGIA

Busca-se finalmente compreender como vem ocorrendo a constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias pelas instâncias determinantes do processo de seleção cultural: livros didáticos e professores de Biologia. Para

isso, foram elaborados 7 eixos de análise que possibilitaram compreender tal constituição. No QUADRO 13 tais eixos de análise foram relacionados às duas instâncias. Posteriormente, discutem-se cada um dos eixos de análise.

QUADRO 13 - RELAÇÕES ENTRE OS EIXOS DE ANÁLISE E AS INSTÂNCIAS DETERMINANTES NO PROCESSO DE SELEÇÃO CULTURAL
(-) ausente

EIXOS DE ANÁLISE	LIVROS DIDÁTICOS	PROFESSORES	
		ENSINO REAL	ENSINO POTENCIAL
i. Relações entre ensino das nanotecnologias e temáticas tradicionais da disciplina de Biologia	Maioria Célula, mas também Ecologia	tratamento de câncer, recombinação genética, biotecnologia, anatomia e fisiologia, meio ambiente e ecologia, tratamento de água, água de reuso, alimentos ultraprocessados, divisão celular	Tratamento de câncer, como interferente da pureza da água e evolução humana
ii. estratégias de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na disciplina de Biologia	Maioria exposição, mas também pesquisa, exposição e debate	Exemplificação	Maioria exemplificação e exposição, mas também debate em menor frequência
iii. Interdisciplinaridade no ensino de nanotecnologias (categorias de Berti (2007))	Uma coleção indica a Interdisciplinaridade <i>entre</i> professores de Física e Matemática	-	-
iv. Interdisciplinaridade das nanotecnologias	Uma coleção indica 2 vezes caráter interdisciplinar	-	-
v. Abordagem problematizada das nanotecnologias (APN) e perspectivas de ACT	APN: utilizada por uma coleção, no enunciado de uma atividade ACT: Maioria conduz à <i>reducionista</i> , apenas uma coleção à ACT <i>ampliada</i>	APN: utilizada por um dos 2 professores ACT: <i>reducionista</i>	APN: todos os professores ACT: <i>reducionista</i>
vii. Modalidade de constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias	Maioria <i>baseada nas nanotecnologias</i>	<i>baseada na escola</i>	Maioria <i>baseada na escola</i>

FONTE: A autora (2016).

A seguir discute-se cada um dos eixos de análise comparando as maneiras pelas quais livros didáticos e professores estão construindo o conhecimento escolar em nanotecnologias.

i. Relações entre ensino das nanotecnologias e temáticas tradicionais da disciplina de Biologia

Os professores relacionaram as nanotecnologias a várias temáticas tradicionais da disciplina de Biologia, as quais foram elencadas no QUADRO 13, no qual constam os termos descritos pelos próprios professores. Por outro lado os livros didáticos, em sua maioria, associaram as nanotecnologias a duas temáticas do ensino de Biologia: Células e Ecologia. Em uma das coleções não havia relação entre os textos e o conteúdo sobre célula, pois tais textos estavam separados, em um *box*, do corpo do texto sobre células.

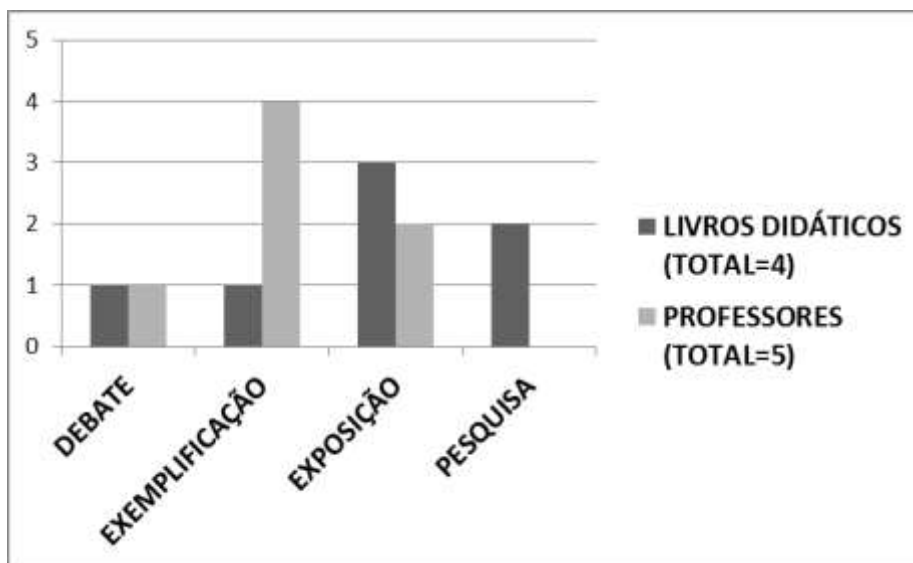
Os professores realizaram mais associações entre as nanotecnologias e os conhecimentos escolares tradicionais da disciplina de Biologia possivelmente porque em sala de aula os conhecimentos trabalhados são menos fragmentados do que nos livros didáticos. Além disso, os conhecimentos trabalhados nas aulas são dinâmicos, flexíveis e se adaptam conforme as necessidades, já nos livros didáticos estão estáticos pela própria característica do suporte material. Assim os professores podem estabelecer conexões entre as informações e conhecimentos, já nos livros estas conexões são mais limitadas, o que pode ocasionar a fragmentação dos conhecimentos.

Assim, segundo os professores, é possível associar as nanotecnologias a várias temáticas desenvolvidas em aula, por exemplo, nas aulas relatadas pelo professor Jefferson os produtos de higiene pessoal compostos por nanoestruturas aparecem relacionados à saúde e meio ambiente, à fisiologia e anatomia e ao tratamento de água.

ii. Estratégias de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na disciplina de Biologia

Procurou-se compreender as tendências das estratégias de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias propostas por livros didáticos e pelos professores colaboradores. Consideraram-se as estratégias sugeridas pelos professores no ensino real e também no ensino potencial das nanotecnologias. As estratégias do ensino potencial apontadas pelos professores foram consideradas nesta análise porque, conforme argumenta Lopes (1999), os saberes docentes são determinantes da constituição do conhecimento escolar. Assim, tais estratégias potenciais fazem parte dos saberes docentes e são determinantes na elaboração do conhecimento escolar, embora não tenham sido desenvolvidas em sala de aula. Em relação aos livros didáticos, foram considerados tanto os textos presentes nas coleções quanto as atividades didáticas nelas propostas. Admitiu-se que cada livro didático ou professor poderia adotar mais de uma estratégia de inserção, assim como já discutido. O GRÁFICO 2 ilustra a número absoluto de estratégias de inserção adotadas por cada umas destas instâncias.

GRÁFICO 2 - NÚMERO ABSOLUTO DE ESTRATÉGIAS DE INSERÇÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS ADOTADAS POR LIVROS DIDÁTICOS E PROFESSORES DE BIOLOGIA



FONTE: A autora (2016).

O GRÁFICO 2 indica que dentre os quatro livros didáticos que abordam/ mencionam as nanotecnologias, três inseriram a temática por meio da estratégia exposição, dois inseriram pela estratégia de pesquisa e exemplificação, apenas uma das coleções sugeriu a utilização de debate. Um mesmo livro inseriu a temática por meio de estratégias diferentes, por exemplo a coleção 6 que, além de realizar uma exposição sobre as nanotecnologias, também sugeriu uma pesquisa sobre o tema.

Em relação aos cinco professores colaboradores, a maioria inseriu ou inseriria as nanotecnologias, ou algum tópico a elas relacionado, por meio da exemplificação, assim, tais tecnologias foram exemplos associados aos conhecimentos biológicos escolares trabalhados em aula. Além disso, dois professores afirmaram que poderiam inserir a temática investigada em forma de exposição sobre as nanotecnologias e sobre a teoria da Gosma Cinzenta. Um dos docentes sugeriu um debate, no qual os alunos discutiriam os possíveis impactos destas tecnologias.

Considerando as estratégias de inserção adotadas por livros didáticos e por professores, a exposição e a exemplificação foram as mais adotadas, com pouca diferença entre as duas em relação à frequência relativa.

A exposição foi eleita como uma estratégia de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na disciplina de Biologia por três, dos quatro livros didáticos que abordaram ou mencionaram as nanotecnologias e por dois dos cinco professores colaboradores, no ensino potencial. No entanto, entre os professores colaboradores, principalmente entre aqueles que desenvolveram o ensino real das nanotecnologias, a estratégia da exposição não foi tão frequente quanto em livros didáticos. Isso se deve, possivelmente, ao fato de a exposição ocupar mais tempo nas aulas e exigir mais conhecimentos pelos professores.

A exposição foi a estratégia de inserção mais adotada entre as instâncias porque é a mais comum no ensino de Biologia (KRASILCHIK, 2011) e também por ser uma característica do contexto escolar, isto é, o *ensino de exposição* é um dos constituintes das disciplinas escolares, conforme discutido por Chervel (1990). Isso pode ser uma evidência de que a constituição dos conhecimentos escolares em nanotecnologias tem passado pelo processo de disciplinarização. Outra evidência disso são as atividades didáticas encontradas nos livros didáticos, as quais correspondem aos *exercícios* produzidos por este mesmo processo.

A exemplificação foi adotada com maior ênfase entre os professores do que entre livros didáticos. Tal estratégia consiste no emprego de conhecimentos em nanotecnologias como um exemplo do conteúdo escolar trabalhado. Questiona-se se inserir os conhecimentos em nanotecnologias como um exemplo seria uma forma de constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias. Encontraram-se evidências de que os exemplos foram considerados como uma forma de inserção de conhecimentos na disciplina de Biologia na tese intitulada “A produção do conhecimento biológico no contexto da cultura escolar do Ensino Médio: a teoria da evolução como exemplo” elaborada por Cicillini (1997). Os exemplos foram considerados pela autora como formas de inclusão e de exclusão de conteúdos, pois os exemplos são “importantes para a compreensão da Biologia” (CICILLINI 1997, p. 187). Krasilchik (2011, p. 82) também argumentou que os exemplos, quando adequados, auxiliam na motivação dos estudantes, na compreensão de

conceitos abstratos, na construção de conceitos etc. Portanto, considerou-se que a exemplificação também é uma forma de constituição do conhecimento escolar.

As nanotecnologias foram inclusas como pesquisa somente nos livros didáticos, pois nenhum dos professores afirmou que inseriu ou inseriria as nanotecnologias desta forma, apesar desta estratégia ter sido relatada na maioria das entrevistas como algo presente nas aulas dos professores colaboradores. Além disso, alguns professores relataram que tal estratégia é adotada quando há escassez de tempo para trabalhar os conteúdos ou quando os estudantes questionam sobre alguma aplicação das nanotecnologias. No estudo exploratório, professores de Química mencionaram a realização de pesquisas sobre a temática, mas não consideraram que tal estratégia seria uma maneira de *abordar/trabalhar* os conhecimentos em nanotecnologias em sala de aula.

O debate foi a estratégia sugerida por um professor colaborador e adotada por um livro didático, portanto, foi pouco frequente na inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na Biologia escolar. Acredita-se que apesar dessa estratégia estar presente nas aulas dos professores colaboradores, conforme evidenciado nas entrevistas, e nos livros didáticos (AMORIM, 1998) ainda é uma estratégia não muito utilizada no ensino de Biologia, pois ocupa razoável tempo de aula e pode gerar insegurança no professor em relação ao tema discutido e à organização do debate, assim como comentado por dois professores colaboradores.

Portanto, a exposição e a exemplificação foram as estratégias de inserção dos conhecimentos em nanotecnologias mais eleitas pelas instâncias que estruturam o conhecimento escolar, seguida pelas estratégias de debate e pesquisa. Estas estratégias serão discutidas também nas considerações finais.

iii) Interdisciplinaridade no ensino das nanotecnologias- categorias de Berti (2007)

Nesta análise consideraram-se as duas categorias para a interdisciplinaridade no ensino propostas por Berti (2007): a interdisciplinaridade *dos* professores e a interdisciplinaridade *entre* os professores.

A interdisciplinaridade no ensino das nanotecnologias também foi identificada com pouca frequência nos livros didáticos analisados, embora esta seja um dos critérios específicos para os livros didáticos das Ciências da natureza do PNLD 2015. Além disso, a interdisciplinaridade não foi evidenciada nas falas dos professores, tanto no ensino real, quanto no potencial das nanotecnologias.

A coleção 2 sugeriu que a atividade complementar de pesquisa sobre nanorrobôs pode ser mediada por professores de Matemática, para auxiliar no cálculo das dimensões da célula e do nanorrobô, e de Física, para colaborar com a compreensão do funcionamento do equipamento. Interpretou-se que a coleção sugere *uma interdisciplinaridade entre professores*, conforme categoria elaborada por Berti (2007).

Apesar de não identificar a interdisciplinaridade nas inserções das nanotecnologias sugeridas ou implementadas pelos professores colaboradores, os 2 professores que mencionaram esta temática em sala de aula afirmaram que em outras aulas costumam trabalhar conhecimentos de outras áreas também, tais como a Geografia, a História e a Língua Portuguesa. Isso evidenciou que estes professores desenvolvem a *interdisciplinaridade do professor*.

Neste sentido, compreende-se que no contexto escolar alguns professores colaboradores realizam a *interdisciplinaridade do professor* e não *interdisciplinaridade entre professores*, conforme sugerido pela coleção 2. Assim, a interdisciplinaridade *do professor* parece ser mais plausível no contexto dos professores colaboradores. Embora em alguns momentos a

interdisciplinaridade *entre* professores possa ser desenvolvida no contexto daqueles professores, por exemplo, na elaboração de feiras de ciências.

Independente da categoria de interdisciplinaridade adotada, ressalta-se a importância de se trabalhar de forma interdisciplinar no ensino das nanotecnologias, haja vista que esta característica é fundamental na compreensão das nanotecnologias. Ademais, vários autores sugerem que tais tecnologias sejam trabalhadas de forma interdisciplinar no ensino, conforme evidenciada na revisão de literatura discutida no Capítulo IV.

iv) Interdisciplinaridade das nanotecnologias

A interdisciplinaridade das nanotecnologias também foi identificada com pouca frequência entre os livros didáticos analisados e não foi evidente nos relatos das aulas dos professores colaboradores.

Entre os livros didáticos analisados apenas em uma das coleções explicita-se que as nanotecnologias são interdisciplinares tanto no texto quanto no enunciado da atividade didática. A coleção 4 afirmou que estas tecnologias abrangem as áreas de “Física, a Química, a Ciência dos materiais, a Biologia e a Engenharia Elétrica”, bem como “a informática, a medicina, a economia, a administração de empresas e muitas outras” (FAVARETTO, 2013, p. 50-51)

Apesar de um dos professores colaboradores ter afirmado que em suas aulas conversou com os estudantes sobre algumas aplicações das nanotecnologias - em produtos de higiene pessoal, cosméticos e equipamentos eletrônicos -, evidenciando certa interdisciplinaridade entre áreas de conhecimento (provavelmente Farmácia e Microeletrônica) que contribuem e são auxiliadas pelas nanotecnologias, não se considerou que o professor destacou a interdisciplinaridade das nanotecnologias nesta aula, por não ter explicitado tal característica.

A interdisciplinaridade, como já destacado nesta dissertação, é um ponto fundamental para compreensão da amplitude das elaborações e das

aplicações das nanotecnologias, bem como para compreender as dinâmicas da produção de ciência e tecnologias contemporâneas.

v) Abordagem problematizada das nanotecnologias e perspectivas de ACT

A abordagem problematizada das nanotecnologias foi pouco adotada pelos livros didáticos e mais presente nas propostas de ensino das nanotecnologias sugeridas pelos professores colaboradores.

Entre os livros didáticos que abordam ou mencionam as nanotecnologias, apenas uma das coleções considerou esta abordagem. Tal abordagem ocorreu no enunciado de uma atividade didática localizada em um *box* no final de um capítulo, ou seja, foi “marginalizada” e não ocupou papel significativo, por exemplo, na construção dos dois textos apresentados pela coleção 6. Apesar disso, os questionamentos levantados são extremamente relevantes e pertinentes à abordagem problematizada das nanotecnologias.

Já entre os professores, a maioria mencionou as nanotecnologias em uma abordagem problematizada, a qual foi empregada para indagar, por exemplo, sobre o descarte de nanopartículas no ambiente aquático decorrente do uso de produtos nanotecnológicos e os supostos danos destas à saúde humana. Ao problematizar as nanotecnologias desta maneira os professores potencialmente podem promover a desconstrução dos mitos da CT envolvidos, questionando o modelo tradicional/linear de progresso.

Assumiu-se que a abordagem problematizada das nanotecnologias poderia encaminhar a uma ACT *ampliada* ou *reducionista*. Interpretou-se que a ACT *ampliada* é caracterizada por Auler (2002) por dois aspectos: i) “o ensino de conceitos associado ao desvelamento de mitos vinculados a CT” e ii) “a discussão sobre a dinâmica de produção e apropriação do conhecimento científico-tecnológico” (AULER, 2002, p. 20). As propostas de livros didáticos e de professores nas quais não se identificaram esses dois aspectos foram consideradas como propostas que poderiam encaminhar a uma ACT

reducionista e aquelas em que se admitiu apenas um dos aspectos poderiam conduzir a uma ACT *parcialmente ampliada*.

A abordagem problematizada das nanotecnologias empregada pela maioria dos professores e por uma das coleções de livros didáticos analisados, potencialmente poderia promover a desconstrução dos mitos da CT, primeiro aspecto característico da ACT ampliada. Em uma das coleções de livros didáticos o primeiro aspecto característico da ACT *ampliada* foi identificado quando o texto explica que “ainda é muito nebuloso o cenário de suas potencialidades e implicações, tanto econômicas como éticas e sociais” (FAVARETTO, 2013, p.51). Este trecho evidencia que as nanotecnologias podem conduzir não apenas ao progresso, mas também às complicações sociais e éticas, potencialmente desconstruindo o mito do salvacionismo da CT. Este aspecto também foi identificado nas falas da maioria dos professores quando menciona trabalhar, por exemplo, os possíveis danos causados por nanopartículas liberadas no ambiente, desmitificando o salvacionismo da CT

O segundo aspecto da ACT ampliada - a discussão sobre a dinâmica de produção e apropriação do conhecimento científico-tecnológico – é problematizado no texto desta mesma coleção de livros didáticos. Este texto discute a acessibilidade às inovações em nanotecnologia, que estariam restritas apenas àqueles com melhores condições financeiras, e também explica que a maior parte da produção das inovações em nanotecnologia ocorre em universidades e centros de pesquisa mantidos com verbas públicas. Neste sentido, questiona em relação às possíveis considerações éticas quanto a esta questão, ou seja, indaga se a população que investe em inovações em nanotecnologias terá acesso a elas futuramente.

Portanto, tal coleção é uma possibilidade de como o ensino das nanotecnologias pode visar à ACT *ampliada* com os estudantes, apesar da abordagem problematizada da temática não ter destaque na coleção por ocupar um *box*.

Assim, a maioria dos livros didáticos analisados supostamente conduziria a uma ACT *reducionista* e a maioria dos professores colaboradores

potencialmente a uma ACT *parcialmente ampliada*, visto que atende a um dos aspectos que de uma ACT *ampliada*.

Também há mais evidências de que as novidades científicas estão sendo trabalhadas em aulas de Biologia de forma a não endossar a neutralidade da CT, “buscando discutir principalmente os aspectos éticos da pesquisa divulgada ou da tecnologia a ser utilizada pela sociedade” (LEITE, 2004, p. 140), assim como nas propostas de ensino potencial e na maioria das propostas de ensino real evidenciadas na presente pesquisa.

Em relação aos livros didáticos, Lisboa-Filho e Monteiro (2013, p. 139) discutem que, dentre os livros de Física por eles analisados, os dois que abordaram as nanotecnologias encaminharam a uma ACT *reducionista*, assim como a maioria das coleções de Biologia analisadas na presente dissertação.

Defende-se que o desenvolvimento de uma ACT *ampliada*, em sua plenitude, deva ser o guia e a finalidade da inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio.

vi) Modalidade de constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias

Por meio da análise das publicações oriundas da revisão de literatura, duas modalidades de constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias foram elaboradas: *baseada nas nanotecnologias* e *baseada na escola*, conforme discutido no Capítulo IV.

A análise das instâncias consideradas na presente pesquisa apontou uma diferença significativa entre a modalidade adotada pelos livros didáticos e pelos professores, no entanto a modalidade eleita não foi absoluta entre os livros didáticos nem entre os professores.

A maioria dos livros didáticos vem construindo o conhecimento escolar em nanotecnologias por meio da modalidade *baseada nas nanotecnologias*, pois a maioria deles inseriu a temática em *box* separado do corpo do texto,

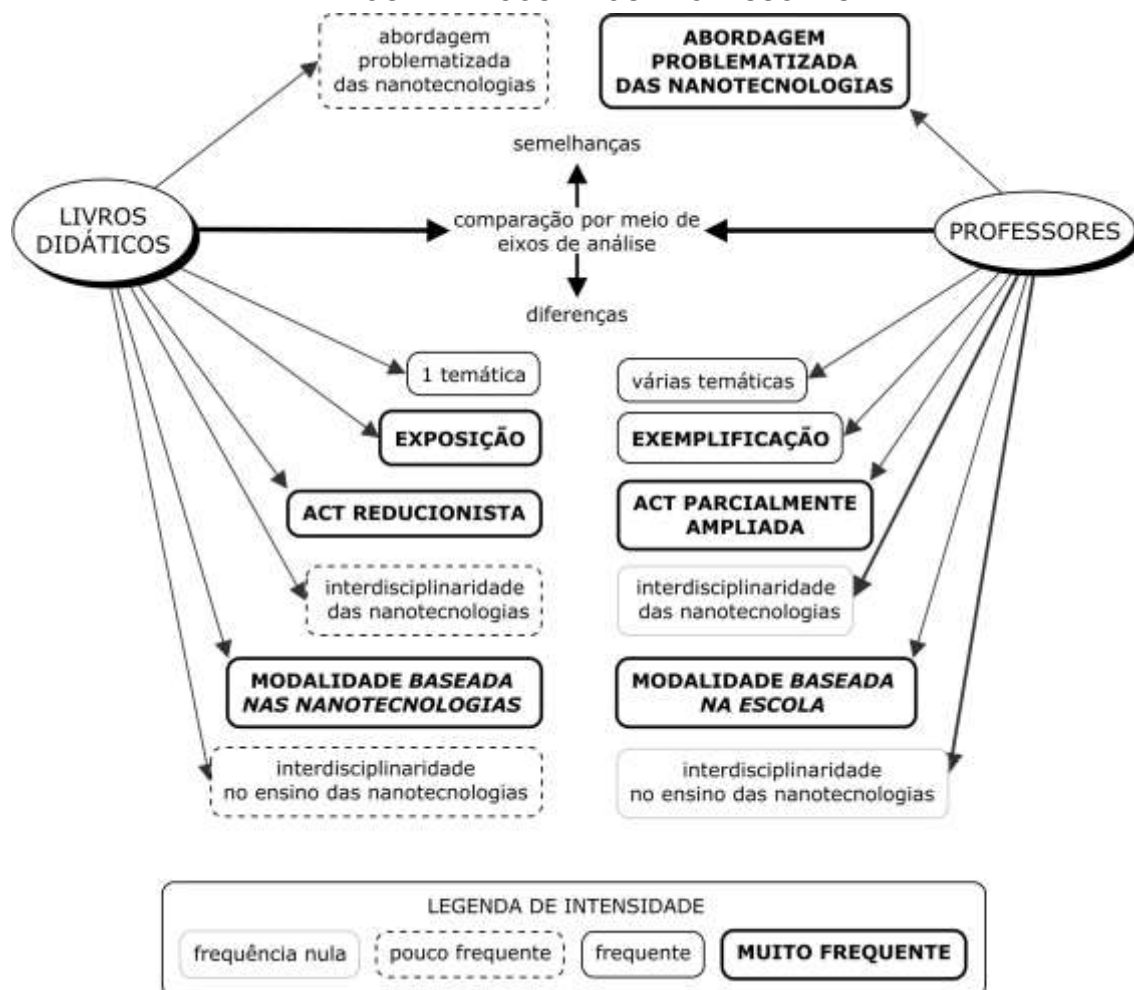
sugeriu como atividade complementar ou ainda estabeleceu uma associação superficial e pontual com o conhecimento escolar tradicional. Por outro lado, a modalidade *baseada na escola* foi eleita pela coleção 4, a qual buscou integrar as nanotecnologias junto ao estudo das células, evidenciando que tais tecnologias possibilitam a melhor compreensão das estruturas e dinâmicas das células. Outra evidência de que esta coleção adotou tal modalidade foi a inserção dos conhecimentos sobre as nanotecnologias no início do corpo do texto principal, tornando este conhecimento essencial para o entendimento dos conhecimentos escolares sobre as células, os quais foram trabalhados em seguida neste livro didático.

Já entre os professores a maioria vem construindo o conhecimento escolar em nanotecnologias por meio da modalidade *baseada na escola*, haja vista que eles aproximaram os conhecimentos sobre as nanotecnologias aos conhecimentos escolares tradicionalmente trabalhados na disciplina de Biologia. No entanto, em uma das propostas de ensino potencial das nanotecnologias sugeriu-se que um vídeo sobre a Teoria da Gosma Cinzenta fosse exibido em sala de aula para *conversar* com os estudantes, sem, no entanto, associa-lo a algum conhecimento escolar.

Estas estratégias de inserção revelaram que os conhecimentos em nanotecnologias estão se constituindo como um conhecimento escolar, mas de forma pontual, simplificada e pouco frequente.

Em suma, a análise por meio destes eixos possibilitou compreender que parece haver diferentes constituições dos conhecimentos escolares em nanotecnologias em relação às instâncias consideradas nesta pesquisa, assim como sistematizado na FIGURA 18 apresentada a seguir.

FIGURA 18 - SÍNTESE DOS RESULTADOS DOS EIXOS DE ANÁLISE EM RELAÇÃO AOS LIVROS DIDÁTICOS E AOS PROFESSORES



FONTE: A autora (2016).

Por meio da FIGURA 18, nota-se que há mais diferenças do que semelhanças entre a constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias que vem sendo realizadas pelas instâncias consideradas nesta pesquisa. Portanto, por meio dos eixos de análise considerados, interpretou-se que as instâncias vêm divergindo em relação à forma de constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias, embora ambas estejam trabalhando de alguma forma na constituição do conhecimento escolar.

Pesquisas já evidenciam que professores não seguem fielmente as estratégias sugeridas por livros didáticos para o desenvolvimento dos conteúdos em sala de aula (MEGID-NETO; FRACALANZA, 2003). Sendo assim, cotidianamente já se nota que professores e livros didáticos nem

sempre convergem em relação às formas de ensino. Apesar de livros didáticos e professores estarem fazendo a mediação da aprendizagem dos estudantes possuem características diferentes e talvez por isso eles constituam o conhecimento escolar de formas distintas.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Retomando os principais pontos da pesquisa, o estudo exploratório indicou que professores de Química têm interesse pela inserção dos conhecimentos em nanotecnologias em aula e que alguns já *as mencionaram* em aula e poucos *abordaram* ou *trabalharam* a temática em aula. Além disso, a temática foi considerada relevante pela SEED-PR e pelos professores para a formação continuada docente.

Na literatura, poucos trabalhos na área de ensino de Biologia foram identificados e dentre eles apenas um foi implementado em sala de aula, num contexto de uma aula desenvolvida durante a Prática de Docência, ou seja, desenvolvida por um estagiário. Na literatura não se identificou registros de professores de Biologia abordando a temática em aula. Alguns documentos oficiais apontaram as nanotecnologias como uma temática presente no cotidiano que não pode ser ignorada e também indicaram o ensino das nanotecnologias não especificamente na disciplina de Biologia, mas nas disciplinas de Química e Física (BRASIL, 2006a). O estudo dos trabalhos que focavam a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no Ensino Médio permitiu compreender e elaborar duas modalidades de constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias: *baseada na escola* e *baseada nas nanotecnologias*, as quais foram utilizadas como critérios de análise.

Em relação aos livros didáticos, dentre os 28 analisados, quatro mencionaram, apresentaram e/ou problematizaram as nanotecnologias em textos ou em atividades didáticas. A temática ocupou espaços diversos nos livros dos alunos e também nos manuais dos professores. O conteúdo sobre a temática variou bastante, mas com algumas similaridades, as quais podem indicar elementos essenciais à constituição do conhecimento escolar sobre nanotecnologias.

Dentre os cinco professores colaboradores, dois afirmaram mencionar as nanotecnologias em aulas. Estes dois inseriram a temática como um exemplo e um deles, a partir disso, problematizou o uso de nanopartículas em

produtos cotidianos e os potenciais riscos para os humanos. Entre os três professores que propuseram um ensino potencial das nanotecnologias, dois declararam já ter lido a respeito do assunto em revistas. Estes três professores se manifestaram favoráveis à inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na disciplina de Biologia, mas com a ressalva de um destes docentes: não poderia ser um conteúdo específico, pois já há muitos para serem trabalhados no ensino de Biologia. O que corrobora com as estratégias utilizadas pelos professores colaboradores que implementaram o ensino real das nanotecnologias.

Portanto, esta pesquisa evidenciou que documentos oficiais, professores de Química, SEED-PR, literatura já publicada, processos seletivos, livros didáticos de Biologia do PNLD 2015 e professores colaboradores consideraram possível e importante a inserção dos conhecimentos em *nanotecnologias* no Ensino Médio.

Tendo em vista o pressuposto da pesquisa, defende-se que a presença dos conhecimentos em nanotecnologias em livros didáticos e em saberes docentes, evidenciada na presente pesquisa, indica que os conhecimentos em nanotecnologias foram eleitos pelo processo de seleção cultural escolar para serem transformados em conhecimento escolar. Assim, infere-se que a temática *nanotecnologias* faz parte do *currículo oculto* - conforme discutido no Capítulo I – pois, apesar de não figurar nos documentos oficiais em Biologia, é mencionada e abordada em algumas aulas de Biologia, segundo evidências desta pesquisa.

Tais resultados permitem a compreensão de que a constituição do conhecimento escolar sobre as nanotecnologias está em fase intermediária, ou seja, o processo já se iniciou, no entanto, não está concluído. Tal interpretação decorre de algumas evidências de que este conhecimento já apresenta marcas de didatização, tais como: apenas alguns livros didáticos e professores abordarem ou mencionarem a temática, mas não a maioria; duas regras da transposição didática (ASTOLFI, 1997 *apud* ALVES-FILHO, 2000) (articulação entre o saber “novo” e o “antigo” e a transformação do saber “novo” em

exercícios e problemas) não serem frequentemente atendidas; alguns constituintes das disciplinas escolares produzidos pelo processo de disciplinarização terem sido identificados, como por exemplo, o *ensino de exposição* (CHERVEL, 1990); certos traços característicos de conhecimentos escolares foram evidenciados, tais como os comentários explicativos e a “pesquisa de concretização (ilustração, esquematização, exemplificação)” (FORQUIN, 1992, p. 92). Por isso pode-se concluir que a constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias está em andamento, no contexto atual.

No entanto, as instâncias – livros didáticos e professores - vêm divergindo em relação à constituição do conhecimento escolar em nanotecnologias, conforme os eixos utilizados para a análise. Enquanto os livros didáticos vêm realizando esta constituição principalmente por meio da estratégia de exposição e pela modalidade *baseada nas nanotecnologias*, os professores colaboradores têm optado pela estratégia da exemplificação e pela modalidade *baseada na escola*.

O fato de a maioria dos livros didáticos optar pela modalidade *baseada nas nanotecnologias* e a maioria dos professores pela *baseada na escola* pode ser um reflexo do processo de transposição didática, no qual os autores de livros didáticos fazem a transposição didática privilegiando os conhecimentos científicos e de divulgação científica, enquanto os professores, por sua vez, a fazem priorizando a cultura escolar. Neste sentido, os professores estão mais envolvidos com a *exposição didática* e os autores dos livros didáticos mais com a *exposição teórica*, conforme diferenciado por Forquin (1992):

A exposição didática à diferença da exposição teórica deve levar em conta não apenas o estado do conhecimento, mas também o estado do conhecente, os estados do ensino e do ensinante, sua posição respectiva com relação ao saber e a forma institucionalizada da relação que existe entre um e outro, em tal ou qual contexto social (FORQUIN, 1992, p. 33).

Portanto, os autores dos livros didáticos acabam por considerar apenas uma parcela das condições do contexto escolar para fazer a transposição didática, assim como também discutido por Marandino (2004). Já os

professores estão constantemente em contato com estas condições e por isso consideram-nas frequentemente.

Quanto ao ensino real das nanotecnologias, dentre os dois professores que o desenvolveram, um deles teve contato inicial com a temática por meio dos conhecimentos científicos produzidos por uma pesquisadora próxima a ele e a outra professora colaboradora ouviu falar das nanotecnologias na formação inicial, o que pode esclarecer as diferentes maneiras pelas quais estes professores inseriram os conhecimentos em nanotecnologias no ensino de biologia. No entanto, a principal fonte de informações sobre as nanotecnologias para estes dois professores colaboradores foi a *internet*, considerada aqui como um meio possível para a divulgação científica. Ademais, a maioria dos professores colaboradores revelou utilizar essa fonte de informações para estudo e planejamento das aulas.

Lopes (1999, p. 117) discute que é por meio da divulgação científica que os professores *consomem ciência*. A autora também argumenta que mesmo os professores de ensino superior não constroem *saberes ensinados* a partir dos saberes científicos oriundos de periódicos:

Nosso contato com o meio universitário no Brasil de hoje nos permite afirmar que seu processo de secundarização faz com que o conhecimento transmitido no nível superior esteja defasado em pelo menos cinco, ou mesmo dez anos. Os professores basicamente trabalham com livros didáticos e não com periódicos, livros muitas vezes mal traduzidos, contendo graves erros de conteúdo. Além disso, muitas bibliotecas dos cursos superiores brasileiros não estão atualizadas, notadamente aquelas de faculdades onde existem pós-graduação e pesquisa efetiva.

Por outro lado, mesmo quando há possibilidade de acesso formal a uma biblioteca atualizada, não existem as condições reais para os professores de ensino básico travarem contato com periódicos, seja pela barreira da língua estrangeira, seja pela falta de conhecimento voltado para a utilização de periódicos. Sem contar com as dificuldades inerentes ao trabalho de um professor no Brasil de hoje. (LOPES, 1999, p. 91-92).

A autora aponta que o professor da Educação Básica não tem condições de acesso aos periódicos científicos. Embora hoje exista um grande número de periódicos científicos de acesso livre na Internet (diferente da época da publicação da obra de Lopes, 1999), ainda assim as suas colocações continuam válidas, no sentido de que “falta [...] conhecimento voltado para a

utilização de periódicos” (p. 92). Assim, pode-se compreender que a divulgação científica, também via *internet*, tem sido considerada pelos professores colaboradores como uma fonte de informações, as quais podem ser selecionadas por eles para integrar suas aulas. A maioria destes professores manifestaram cuidado com a confiabilidade das informações obtidas desta maneira.

Assim, esta pesquisa evidenciou que professores não aguardam que os conhecimentos em nanotecnologias sejam transformados em *saberes a ensinar* e publicados em livros didáticos ou em documentos oficiais relativos à disciplina de Biologia para inseri-los nas suas aulas. Os próprios professores julgaram ser necessária e legítima a inserção da temática na disciplina que lecionam, criando estratégias para isso.

A exemplificação, estratégia adotada pelos professores, parece ser a forma mais elementar de atender a Regra III da transposição didática: articular o saber “novo” ao “antigo”. Esta forma de inserção não requer muito tempo durante as aulas para ser implementada, e aparentemente não exige muita formação dos professores ou dos estudantes. Porém, pode estimular a curiosidade dos estudantes, pois os exemplos em nanotecnologias podem ser instigantes, como os batons que brilham mais ou dispositivos que podem manipular o DNA, estimulando o interesse dos alunos pela aprendizagem. Infere-se que esta estratégia permite o alcance de uma das finalidades do ensino de Biologia apontada pelas OCEM: a construção de vínculos entre os conhecimentos biológicos escolares e o cotidiano dos alunos (BRASIL, 2006a)

Neste sentido, a exemplificação parece ser uma das primeiras estratégias de inserção de conhecimentos na sala de aula adotada por professores. Se as nanotecnologias se manterão como um exemplo (com uma abordagem problematizada ou não) nas aulas de Biologia, dependerá de fatores internos e externos à escola.

Quanto aos fatores internos, os professores que afirmaram ensinar as nanotecnologias revelaram não descrever que mencionam tal temática no documento institucional de registro das aulas. Um dos professores afirmou que

mesmo trabalhando a biotecnologia, não costuma indicar esta temática neste documento porque já foi questionado em uma escola em relação ao desenvolvimento de conteúdos escolares não tradicionais na disciplina de Biologia e requisitaram a ele que trabalhasse apenas os conteúdos tradicionais ou formais da Biologia. Isso também é uma evidência da “marginalidade” que a abordagem das tecnologias tem nesta disciplina, além de revelar a resistência dos professores em relação à manutenção das concepções mais tradicionais ou formais do ensino da Biologia. Portanto, a instituição escolar também influencia na inserção ou não das nanotecnologias, conforme os posicionamento e regimentos da escola.

Os próprios alunos podem representar outro fator interno, pois foi interpretou-se, em uma entrevista, que eles podem ter estimulado a inserção dos conhecimentos em nanotecnologias em aula, questionando a professora em relação a um produto dessas tecnologias. Neste caso, a professora orientou que os estudantes realizassem uma pesquisa sobre tal aplicação. No entanto, tal pesquisa não foi orientada a todos os alunos da turma e por isso não foi considerada aqui como uma inserção dos conhecimentos em nanotecnologias promovida pela professora em aula. Os estudantes explicitaram que produtos nanotecnológicos chamam a sua atenção em seu cotidiano, o que pode servir como estímulo à inserção dos conhecimentos em nanotecnologias no ensino. Nesse sentido Leite (2004) argumenta que os estudantes são agentes que levam novidades científicas para as aulas de Biologia.

As questões externas à escola também influenciam a forma como os conhecimentos em nanotecnologias se constituem ou não como um conhecimento escolar. Uma estratégia para alavancar o desenvolvimento científico e tecnológico brasileiro foi a inclusão do ensino experimental no ensino de Ciências (MARANDINO; SELLES; FERREIRA, 2009, p. 100). A inserção dos conhecimentos em nanotecnologias na Educação Básica poderá ser uma estratégia adotada com a mesma finalidade, como se nota em alguns relatórios de uma agência associada ao *Ministério do Desenvolvimento, Indústria e Comércio Exterior* brasileiro (ABDI, 2010). Ensinar as

nanotecnologias na escola pode incentivar que os estudantes se interessem profissionalmente pela área, mas não deve ser a finalidade desse ensino. Esta finalidade encaminharia para um ensino apenas das “maravilhas” das nanotecnologias, criando uma visão equivocada do desenvolvimento e uso destas tecnologias, sem a problematização necessária à formação do cidadão alfabetizado científica e tecnologicamente também para participar dos debates contemporâneos. Assim, nesta finalidade supostamente a abordagem problematizada das nanotecnologias seria excluída, pois prejuízos aos humanos não poderiam ser associado às nanotecnologias se se almeja o desenvolvimento nesta área.

Em relação ao sucesso e ao fracasso de temáticas na escola, Chervel (1990, p. 218) problematizou como o ensino de pesos e medidas e do “anti-alcoolismo” transitaram no sistema escolar. Segundo o autor, o ensino de pesos e medidas obtém sucesso em sua inserção e permanece nos programas escolares porque foi sustentado por uma lei que impôs à sociedade francesa um padrão de pesos e medidas a partir de 1840. Já o ensino do “anti-alcoolismo” fracassou devido à forte influência do “lóbis do álcool”, apesar de a sociedade francesa ter sofrido problemas decorrentes do abuso do álcool e o ministro ter determinado que este ensino estivesse presente nos exames e tivesse o mesmo peso que a gramática. O ensino das nanotecnologias também não está livre das influências externas à escola, as quais também influenciam o sucesso ou fracasso deste ensino na Educação Básica. A quem interessa o ensino das nanotecnologias? A forma pela qual é ensinada serve a quais interesses?

A inserção da biotecnologia no ensino foi motivada, segundo Acosta e Ussa (2013), pela preocupação com as decisões do público em relação a esta tecnologia, conforme o seguinte trecho:

Os primeiros países que têm proposto a inclusão da biotecnologia na educação têm feito mais preocupados com as decisões que o público toma em relação aos produtos e serviços, e é evidente que o interesse surge não no seio da Educação, mas fora dela, fundamentalmente é o interesse mercadológico, do capitalismo, dado ao analfabetismo biotecnológico presente em muitas sociedades. (ACOSTA; USSA, 2013, p. 164, grifo e tradução nossa).

Neste sentido, os autores discutem que as primeiras inclusões da biotecnologia ocorreram em função do interesse mercadológico, ou seja, com a finalidade de que os estudantes aceitem o desenvolvimento e emprego de tal tecnologia. Assim, trabalhar apenas as “fantásticas” aplicações das nanotecnologias poderia também ter esta finalidade, ou seja, servir ao interesse mercadológico e contribuir para que os produtos e serviços nanotecnológicos sejam aceitos acriticamente pelos indivíduos. Desta forma há potencialmente o desenvolvimento de uma *ACT reducionista*, sem uma visão crítica em relação à CT. Portanto, o interesse mercadológico, bem como o interesse econômico no desenvolvimento das nanotecnologias, também podem ser considerados fatores externos à escola exercendo influência na inserção dessa temática na Educação Básica.

Identificaram-se evidências de que no ensino de Biologia as novidades científicas estão sendo trabalhadas “buscando discutir principalmente os aspectos éticos da pesquisa divulgada ou da tecnologia a ser utilizada pela sociedade” (LEITE, 2004, p. 140). Além disso, há uma preocupação em questionar a neutralidade e salvacionismo das nanotecnologias nas falas de licenciandos apresentadas na literatura (LIMA; ALMEIDA, 2012). Ademais, a maioria dos professores colaboradores optou por uma abordagem problematizada das nanotecnologias. Auler (2002) aponta que os mitos relacionados à CT dependem do tema discutido por professores e, no caso das nanotecnologias a preocupação com o seu desenvolvimento está na própria constituição desta tecnologia, conforme discutido por Eric Drexler e apresentado no Capítulo II.

As percepções sobre as nanotecnologias não são influenciadas apenas pelo que se conhece sobre esta temática, mas também pela visão que se tem sobre ciência, tecnologia e sociedade. Assim Novo (2013), ao afirmar em sua pesquisa que cinco professores relataram a insegurança quanto ao consumo de nanoprodutos, apontou que os professores:

Como sujeitos imersos num mundo repleto de novidades científicas, reconhecem que as descobertas e aplicações da ciência nem sempre levam em conta os prós e contras, pois muitas vezes questões

políticas e econômicas impedem a publicação de possíveis questões negativas da aplicação nanotecnológica (NOVO, 2013, p. 68-69).

Como o desenvolvimento científico e tecnológico não é neutro, com as nanotecnologias não poderia ser diferente. É preciso, então, abordar as nanotecnologias de uma forma problematizada como modo de alcançar uma ACT *ampliada* junto aos estudantes.

É válido ressaltar ainda que não é porque um professor conhece as nanotecnologias que necessariamente ele ensina ou ensinará sobre elas. Na presente pesquisa, um dos professores colaboradores afirmou que conhecia as nanotecnologias antes da entrevista, mas não as ensinava. Neste sentido, Paulini-Jesus, Asinelli-Luz e Filipak-Neto (2013) apontaram que entre os 29 professores de várias disciplinas escolares que responderam a um questionário, 24 afirmaram já ter ouvido falar (pouco ou muito) sobre nanotecnologias. Dentre estes 24, apenas 6 professores declararam já ter falado em nanotecnologias ao menos uma vez em sala de aula, segundo os autores. Portanto, conhecer as nanotecnologias é importante, mas não basta para ensiná-las em sala de aula, pois é necessário que o professor também julgue a importância de ensiná-las, os objetivos que quer atingir com este ensino, escolha o momento adequado para inseri-las, selecione e adapte materiais didáticos, elabore formas de ensiná-la para construir um conhecimento escolar sobre nanotecnologias. Isto pode ser especialmente considerado na formação docente, pois se a intenção é estimular o ensino real das nanotecnologias na Educação Básica não basta somente expor sobre a temática junto aos professores e futuros professores, mas deve-se possibilitar que eles tenham condições e apoio para refletirem e elaborarem estratégias de ensino das nanotecnologias, se assim julgarem pertinente.

No ensino de Biologia, notou-se que as nanotecnologias apareceram bastante relacionadas aos tratamentos médicos, tanto em livros didáticos quanto nas propostas dos professores colaboradores. Por um lado, a identificação de uma professora colaboradora com a área médica pode ter influenciado, mas também há que se considerar que talvez tal relação esteja em evidência porque as aplicações das nanobiotecnologias na área médica e

farmacêutica são bastante divulgadas na mídia (KÖRBES, 2013). Os aspectos médicos têm estreita relação com o ensino de Biologia, sendo esta uma das dimensões que devem ser consideradas no tratamento das temáticas no ensino de Biologia, conforme discutido por Krasilchik (2011).

As nanotecnologias foram consideradas como uma “grande descontinuidade tecnológica” (INVERNIZZI; FOLADORI, 2006) e, neste sentido, os conhecimentos em nanotecnologias devem ser trabalhados numa perspectiva histórica descontinuísta, conforme discutido no capítulo I. Neste sentido, as nanotecnologias não são uma continuação da Química, da Física ou da Biologia e nem se pode afirmar que os químicos, físicos e biólogos eram os antigos nanotecnólogos, pois estes não sabiam que os processos que realizavam produziam nanoestruturas responsáveis pelas propriedades diferenciadas conferidas ao material que as contem.

Além disso, é preciso ter cuidado em relação à distinção entre a *nanotecnologia molecular* e as nanotecnologias, pois se identificou que a exposição realizada por livros didáticos podem estar se referindo à nanotecnologia molecular, mas quando se apresentam exemplos de aplicações, estas são exemplo das nanotecnologias e não da nanotecnologia molecular.

Defende-se que o ensino das nanotecnologias no Ensino Médio pode auxiliar no alcance de finalidades do ensino de Biologia quando acompanhado de uma abordagem problematizada da temática. Nesta perspectiva, os estudantes podem ser levados a questionar a neutralidade científica e tecnológica, compreender a dinâmica interdisciplinar de desenvolvimento e aplicação dessas tecnologias, reconhecer a influência da temática no seu cotidiano e participar de forma consciente e consequente dos debates sobre este tema contemporâneo utilizando para isso conhecimentos biológicos escolares.

REFERÊNCIAS

- ABDI. **Nanotecnologias: subsídios para a problemática dos riscos e regulação**, 2011. Disponível em: <http://www.abdi.com.br/Estudo/Relat%C3%B3rio%20Nano-Riscos_FINALreduzido.pdf>. Acesso em: 01/05/2015
- _____. **Estudo Prospectivo da nanotecnologia**, 2010. Disponível em: <<http://www.abdi.com.br/Estudo/Estudo%20Prospectivo%20de%20Nanotecnologia.pdf>>. Acesso em: 01/05/2015
- ACOSTA, R. R.; USSA, É. O. A. Incursión de la biotecnología en la educación: Tendencias e implicaciones. **Revista Colombiana Biotecnología**, v. XV, n. 2, p. 156 – 166, 2013.
- ALFONSO, A. B. Situação atual da divulgação e do treinamento em nanociência e nanotecnología no Brasil. **Mundo Nano. Revista Interdisciplinaria en Nanociencias y Nanotecnología**, v. 4, n. 2, 2011.
- ALVES-FILHO, J. P. **Atividades Experimentais: do Método à Prática**. 312 f. Tese (Doutorado em Educação) - Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.
- ALVES-FILHO, M. Vacina de DNA é esperança no tratamento da tuberculose. **Jornal da Universidade Estadual de Campinas**, 2007. Disponível em: <http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/jornalPDF/ju349pg07.pdf>. Acesso em: 12/5/2014.
- ALVES-FILHO, M. O estranho íntimo. **Jornal da Unicamp**, Edição Temática 402, 2008. Disponível em: <http://www.unicamp.br/unicamp/unicamp_hoje/ju/julho2008/ju402pag24.html>. Acesso em: 31/7/2014.
- AMABIS, J. M.; MARTHO, G. R. **Biologia em Contexto**. São Paulo: Editora Moderna, 2013.
- AMORIM, A. C. R. Biologia, tecnologia e inovação curricular do Ensino Médio. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 3, n. 1, p. 61–80, 1998.
- AMORIM, T. Nanotecnologia na Imprensa: Análise de Conteúdo do Jornal Folha de São Paulo. **Revista Eletrônica dos Pós-Graduandos em Sociologia Política da UFSC**, v. 4, n. 2, p. 20–36, 2008.
- ARAÚJO, M. M. S. **Biotecnologia e Cidadania: características e reelaboração discursiva dos textos informativos científicos**. 105 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de Uberlândia,

Uberlândia, 2012.

AULER, D. **Interações entre Ciência-Tecnologia- Sociedade no contexto da formação de professores de Ciências**. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.

AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização científico-tecnológico para quê? **ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 03, p. 1–17, 2001.

AZEVEDO, L. N.; ALMEIDA-JÚNIOR, P. L.; CÂMARA, M. S. C. Desenvolvimento de Softwares para abordagem em Nanociência e Nanotecnologia no ensino de Química. **Atas do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química**, Salvador, 2012.

BALOGH, L. P. Why do we have so many definitions for nanoscience and nanotechnology? **Nanomedicine: NBM**, v. 6, n. 3, p. 397–8, 2010. Elsevier Inc.

BARROS, C. V. T. ; OLIVEIRA, A. C.; GRION, L. S; PEDRO, N. C. S.; IACK, R. S.; ALMEIDA, R. X.; SILVA, J. F. M.; GUERRA, A. C. O. Ensinando Química através da abordagem CTSA: uma proposta para o tema Drogas. **Atas do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química**, Salvador, 2012.

BASSOTTO, G. V. **Nanotecnologia: uma investigação fundamentada na educação pela pesquisa se refletindo na formação de professores e no ensino de química**. 130 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Faculdade de Física, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

BATISTA, A. D. J. S.; PEPE, V. L. E. Os desafios da nanotecnologia para a vigilância sanitária de medicamentos. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 19, n. 7, p. 2105–2114, 2014.

BERTI, V. P. **Interdisciplinaridade: um conceito polissêmico**. 235 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

BERTOLDO, L. A.; SANTOS, M. B.; MARTINIANO, B. M. G.; et al. PIBID / UEL: O Ensino do tema Nanotecnologia para o Ensino Médio. **Atas do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química**, Salvador, 2012.

BEZERRA, D. A. **Utilizando Quadrinhos como motivação para a introdução da nanotecnologia na Educação Básica através da construção de uma escala decimal**. 44 f. Monografia (Graduação em Física) - Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande 2014.

BISOGNIN, E.; SILVA, I. Z.; FAGAN, S. B.; BISOGNIN, V. Ensino e

Aprendizagem de Conceitos Matemáticos Relacionados à Nanociência por meio da Modelagem Matemática. **Acta Scientiae**, v. 14, n. 2, p. 200–214, 2012.

BISPO, M. L. P.; MATHIAS, G. N.; AMARAL, C. L. C. Desenvolvimento de projetos de trabalho com enfoque CTS entre alunos de licenciatura em Biologia. **Atas do II Seminário Hispano Brasileiro - CTS**, São Paulo, 2012.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação**. Porto, Portugal: Porto Editora, 1991.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais Ensino Médio - Parte III Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2000.

_____. **PCN+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Biologia**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002.

_____. **Orientações Curriculares para o Ensino Médio - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEB, 2006a.

_____. **Pequeno Glossário de Nanotecnologia**, 2006b. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/upd_blob/0019/19537.pdf>. Acesso em: 30/5/2015.

_____. **Guia de livros didáticos PNLD 2015- Biologia**, 2014a.

_____. **Anvisa cria Comitê Interno de Nanotecnologia**. 21. Aug. 2014b. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/saude/2014/08/anvisa-cria-comite-interno-de-nanotecnologia>>. Acesso em: 14/7/2015.

BRASILEIRO, R. A. **Desenvolvimento de Competências e Habilidades no Ensino de Ciências Biológicas: relato de experiência na prática pedagógica**. 74 f. Monografia (Licenciatura e Bacharelado em Ciências Biológicas) - Centro de Ciências Biológicas e da Saúde Departamento de Biologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2012.

BRÖCKELMANN, R. H. **Conexões com a Biologia**. 1ª ed. São Paulo: Moderna, 2013.

BROCKINGTON, G.; PIETROCOLA, M. Serão as regras da transposição didática aplicáveis aos conceitos de Física Moderna? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 3, p. 387–404, 2005.

BUENO, L. A imagem do professor nos Manuais para o Professor de livros didáticos. **Revista Calidoscópico**, v. 02, n. 02, p. 85–88, 2004.

CABALLERO, N. E. D. Balanço da participação brasileira nas pesquisas em Nano(bio)tecnologia. **Novas Tecnologias na Genética Humana: avanços e**

- impactos para a saúde.** p.131–145. Rio de Janeiro: GESTEC-Nit, 2007.
- CADIOLI, L. P.; SALLA, L. D. Nanotecnologia: um estudo sobre seu histórico, definição e principais aplicações desta inovadora tecnologia. **Revista de Ciências Exatas e Tecnologia**, v. 1, n. 1, 2006.
- CÂMARA, A. R. O. O papel do xadrez no ambiente escolar: formação do ser: o caso mais educação. **Atas do IX Congresso de Iniciação Científica do Instituto Federal do Rio Grande do Norte**, Rio Grande do Norte, 2013.
- CARDIM, R. S. **Metodologia alternativa para abordagem introdutória da química orgânica: aplicação e avaliação de uma experiência didática.** 117 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Ciências Biológicas, Instituto de Física, Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.
- CARVALHO, G. S. A Transposição Didática e o Ensino de Biologia. In: A. M. A. CALDEIRA; E. S. N. N. ARAUJO (Eds.); **Introdução à Didática da Biologia.** São Paulo: Escrituras, 2009.
- CENTRO DE ENSINO FUNDAMENTAL 213. **Plano Político Pedagógico.** Santa Maria, 2014. Disponível em: <<http://sumtec.se.df.gov.br/sistemas/ppp/wp-content/uploads/2014/09/CEF-213-PPP-2014.pdf>>. Acesso em: 24/7/2014.
- CHERVEL, A. História das disciplinas escolares: reflexões sobre um campo de pesquisa. **Teoria & Educação**, v. 2, p. 117–229, 1990.
- CHEVALLARD, Y. **La Transposición Didáctica.** Argentina: Editora Aique, 1991.
- CHIMANSKI, E. V.; VICENTINI, E. Ensino de Física: fulerenos uma bela geometria molecular. **Atas da II Semana de Integração- Ensino, Pesquisa e Extensão**, Guarapuava, 2011.
- CICILLINI, G. A. **A produção do conhecimento biológico no contexto da cultura escolar do ensino médio: a teoria da evolução como exemplo.** 298 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1997.
- CIMA, V. A. **Tópicos de ciência e tecnologia contemporâneas na educação básica: retratos de um desafio docente.** 206 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Centro de Ciências da Educação, Centro de Ciências Biológicas, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2007.
- D'ÁVILA, C. A mediação didática na história das pedagogias brasileiras.

Revista da FAEEBA - Educação e Contemporaneidade, v. 14, n. 24, p. 217–218, 2005.

DANTAS, P. F. C.; SILVA, G. SOUZA DA; SILVA-FILHO, J. C. Análise das edições de um Livro Didático de Química dos anos de 1977 e 2005: Evoluções e diferenças. **Atas do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química**, Salvador, 2012.

DELIZOICOV, D. Problema e Problematização. In: M. Pietrocola (Ed.); **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. 1^a ed., 2001. Florianópolis - Santa Catarina: Editora da UFSC. Disponível em:

<[http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/214670/mod_resource/content/1/Problemas e Problematizacao - Demétrio Delizoicov.pdf](http://disciplinas.stoa.usp.br/pluginfile.php/214670/mod_resource/content/1/Problemas_e_Problematizacao_-_Dem%C3%A9trio_Delizoicov.pdf)>. Acesso em: 17/7/2015.

DOMINGUINI, L.; MAXIMIANO, J. R.; CARDOSO, L. Novas Abordagens do Conteúdo Física Moderna no Ensino Médio Público do Brasil. **Atas do IX Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul**, Caxias do Sul, 2012.

ELLWANGER, A. L. Módulo didático sobre nanociência para o Ensino Básico. **Atas do XIV Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão do Centro Universitário Franciscano**, Santa Maria, 2010.

ELLWANGER, A. L.; FAGAN, S. B.; MOTA, R. Do metro ao nanometro: um salto para o átomo. **Atas do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Vitória, 2009.

ELLWANGER, A. L.; MOTA, R.; FAGAN, S. B. Abordagem de nanociência no ensino médio. **Vidya**, v. 34, n. 1, p. 85–98, 2014.

ELLWANGER, A. L.; ROSSATO, J.; GRANADA, M.; BORTOLUZZI, V. I.; FAGAN, S. B. O Ensino de nanociência por meio de objetos de aprendizagem. **RENOTE- Novas Tecnologias na Educação**, v. 10, p. 1–10, 2012.

ENGELMANN, W. Os Direitos humanos e as nanotecnologias: em busca de marcos regulatórios. **Cadernos IHU ideias**, v. 7, n. 123, 2009. Disponível em: <[http://nano.iiep.org.br/sites/default/files/direitos humanos e as nanotecnologias_unisinos.pdf](http://nano.iiep.org.br/sites/default/files/direitos_humanos_e_as_nanotecnologias_unisinos.pdf)>. Acesso em: 27/4/2015.

ENGELMANN, W. O Estado Democrático de Direito “ Ambiental ” e as Nanotecnologias: o diálogo entre as Fontes do Direito como condição de possibilidade para abrigar os novos direitos. **Atas do X Seminário Internacional: Os Direitos Fundamentais no Estado Socioambiental**, Porto Alegre, 2011.

ENGELMANN, W.; PULZ, R. L. As nanotecnologias no panorama regulatório: entre a ausência de regulação estatal específica e a necessidade de

harmonização regulatória. **Araucaria. Revista Iberoamericana de Filosofía, Política y Humanidades**, v. 17, n. 33, p. 151–181, 2015.

FAGAN, S. B. As nanotecnologias no ensino. **Cadernos IHU ideias**, v. 7, n. 125, 2009. Disponível em:

<<http://www.ihu.unisinos.br/images/stories/cadernos/ideias/125cadernosihuideias.pdf>>. Acesso em: 10/4/2015.

FAVARETTO, J. A. **Biologia Unidade e Diversidade**. Moderna, 2013.

FERNANDES, V. C. **(As)Simetria nos Sistemas Públicos de Ensino Fundamental em Duque de Caxias (RJ): A Religião no Currículo**. 241 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014.

FORQUIN, C. J. Saberes escolares, imperativos didáticos e dinâmicas sociais. **Teoria e Educação**, v. 5, p. 28–49, 1992.

FORQUIN, C. J. **Escola e Cultura: as bases sociais e epistemológicas do conhecimento escolar**. Porto Alegre: Artes Médicas, 1993.

FOUREZ, G. **Alfabetización Científica y Tecnológica. Acerca de las finalidades de la enseñanza de las ciencias**. Buenos Aires: Ediciones Colihue, 1994.

FRANZOLIN, F. **Conceitos de Biologia na educação básica e na Academia: aproximações e distanciamentos**. 207 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2007.

GAMA, C. F. **Uma proposta para o Ensino de nanociência e da nanotecnologia, nas aulas de Física do Ensino Médio**. 117 f. Dissertação (Mestrado em Ensino) - Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

GARCIA, T. M. F. B. Ensino e pesquisa em ensino: espaços da produção docente. In: N. M. D. GARCIA; I. HIGA; E. ZIMMERMANN; C. C. Silva; MARTINS, A. F. P. (Eds.); **A pesquisa em ensino de Física e a sala de aula: articulações necessárias**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2012, p.352.

GARCIA, T. M. F. B. **A produção de conhecimentos científicos**. Disciplina: Pesquisa em Cultura, Escola e Ensino 1. Apontamentos de aula, 2014.

GIANNASI, F. **Morte lenta. A exposição ao amianto ou asbestos como causa de câncer ocupacional no Brasil**, 2004. Disponível em: <<http://www.abrea.com.br/mortelenta.pdf>>. Acesso em: 23/7/2015.

GIROTTO, E. D.; SANTOS, D. A. A Geopolítica e o Ensino de Geografia: Estratégias Didáticas para a Retomada do Diálogo. **Geografia Enisno & Pesquisa**, v. 15, n. 3, p. 139–153, 2011.

GOMES, V. F. S.; CÂMARA, M. S. C. Nanotecnologia e ligação química: proposta interdisciplinar para o ensino de Química. **Atas da XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão da Universidade Federal Rural de Pernambuco**, Recife, 2013.

GOOGLE. **Sobre o Google Acadêmico**, 2011. Disponível em: <<http://scholar.google.com.br/intl/pt-BR/scholar/about.html>>. Acesso em: 15/5/2014.

GRIEBELER, A. **Inserção de tópicos de física quântica no Ensino Médio através de uma unidade de ensino potencialmente significativa**. 135 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

GROCH, T. M. **Práticas Docentes no Ensino de Física Moderna e Contemporânea: entre tradições e inovações**. 193 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Setor de Educação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

GRUPO-ETC. **Nanotecnologia: Os riscos da Tecnologia do Futuro**. Tradução de José F. Pedrozo. Porto Alegre: L&PM, 2005.

GUSMÃO, F. A. F. **Índices educacionais como preditores de proficiência em Ciências: um estudo multinível**. 208 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2011.

INSTITUTO ABRAMUNDO. **Indicador de Letramento Científico - Relatório técnico da edição 2014**. São Paulo, 2014. Disponível em: <<http://cienciahoje.uol.com.br/noticias/2014/08/imagens/Indice-Letramento-Cientifico.pdf>>. Acesso em: 5/6/2014.

INSTITUTO HUMANITAS UNSINOS. **“A nanotecnologia vai resolver a maioria dos atuais problemas”, segundo cientista israelense**, 2015. Disponível em: <<http://www.ihu.unisinos.br/noticias/noticias-anteriores/15070-a-nanotecnologia-vai-resolver-a-maioria-dos-atuais-problemas-segundo-cientista-israelense>>. Acesso em: 23/7/2015.

INTERNATIONAL CENTER FOR TECHNOLOGY ASSESSMENT. **Princípios para a supervisão de nanotecnologias e nanomateriais**. Traduzido pela Secretaría Regional Latinoamericana de la Unión Internacional de Trabajadores de la Alimentación, Agrícolas, Hoteles, Restaurantes, Tabaco y Afines, 2007.

INVERNIZZI, N. Visões de cientistas brasileiros sobre nanociências e

nanotecnologias. **Estudos de Sociologia. Revista do Programa de Pós-Graduação em Sociologia da UFPE**, v. 13, n. 2, 2007.

INVERNIZZI, N.; FOLADORI, G. As nanotecnologias como solução da pobreza? **Inclusão Social**, v. 1, p. 66–72, 2006.

JANOSTIAC, I. S. **A dissertação escolar sob a perspectiva da teoria da relevância**. 96 f. Dissertação (Mestrado em Letras) - Instituto de Letras, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

JOACHIM, C.; PLÉVERT, L. **Nanociências: a revolução do invisível**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2009.

KOPPE, R. C. M. Imagens e reflexões: A Linguagem da geometria nas escolas. **Caligrama. Revista de Estudos e Pesquisas em Linguagem e Mídia**, v. 2, n. 1, 2006.

KÖRBES, C. **Educação não-formal em mídias: divulgação científica sobre Nanotecnologia**. 321 f. Tese (Doutorado em Tecnologia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

KRASILCHIK, M. Reformas e realidade - o caso do ensino das ciências. **São Paulo em Perspectiva**, v. 14, n. 1, p. 85–93, 2000.

_____. **Prática de Ensino de Biologia**. 3^o reim ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2011.

KRUGER, V. Construção da Docência interdisciplinar: o Programa PIBID na UFPEL. **Atas do I Simpósio Internacional sobre Interdisciplinaridade no Ensino, na Pesquisa e na Extensão - Região Sul**, Florianópolis, 2012.

LAURETH, W. C. **Que competências são necessárias para trabalhar em nanotecnologia? A demanda das empresas e a oferta educacional em uma área tecnológica emergente**. 205 f. Tese (Doutorado em Educação) - Setor de Educação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

LAURETH, W. C.; INVERNIZZI, N. Educando a força de trabalho em nanotecnologia no Brasil: demandas da indústria e oferta das universidades. **Acta Scientiarum, Human and Social Sciences**, v. 34, n. 2, p. 205–216, 2012.

LEAL, J. S.; MACÊDO, H. R. A.; SOUZA, F. N.; CARVALHO, R. M. O uso de tecnologias e experimentação como instrumento facilitador do ensino-aprendizagem de Física Moderna e Contemporânea no 3^o ano do Ensino Médio na Escola Normal Oficial de Picos. **Atas do I Encontro de Inovação Tecnológica e Ensino de Ciências do Campus Picos**, Picos, 2007.

LEITE, I. S.; LOURENÇO, A. B.; LICIO, J. G.; HERNANDES, A. C. Uso do

método cooperativo de aprendizagem Jigsaw adaptado ao ensino de nanociência e nanotecnologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 4, p. 4504, 2013.

LEITE, M. L. F. T. T. **Muito além da Dolly: as “ novidades científicas ” em sala de aula**. 166 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2004.

LEMOS, F. C.; SILVA, T. N.; BRITO, CAMILA R. N.; SIMÕES-NETO, J. E.; CÂMARA, M. S. C. Nanotecnologia e Química Ambiental: uma abordagem para o ensino médio. **Atas do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química**, Salvador, 2012.

LEONEL, A. A. **Nanociência e nanotecnologia: uma proposta de ilha interdisciplinar de racionalidade para o ensino de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. 215 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Centro de Ciências da Educação, Centro de Ciências Biológicas da Universidade Federal de Santa Catarina, 2010.

LEONEL, A. A.; LAMY-PERONNET, R. S. Nanociência e Nanotecnologia: do debate público à sala de aula. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências**, Águas de Lindóia, 2013.

LEONEL, A. A.; SOUZA, C. A. Nanociência e Nanotecnologia para o ensino de Física Moderna e Contemporânea na Perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica. **Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis, 2009.

LESSARD-HÉBERT, M.; GOYETTE, G.; BOUTIN, G. **Investigação Qualitativa: Fundamentos e Práticas**. 2^a ed. Lisboa: Instituto Piaget, 1990.

LIMA, M. C. A. Disciplinas num Curso de Licenciatura em Física proposto para professores da Educação Básica. **Ciência & Ensino**, v. 3, p. 113–122, 2014.

LIMA, M. C. A.; ALMEIDA, M. J. P. M.. Articulação de Textos sobre Nanociência e Nanotecnologia para a Formação Inicial de Professores de Física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 4, 2012.

LISBOA-FILHO, P. N.; MONTEIRO, M. A. Nanotecnologia e nanociência em livros didáticos de Física do nível médio: discursos sobre a tecnologia e a Educação Científica e Tecnológica. **MOMENTO - Revista de Física**, n. 46e, 2013.

LOCH, J. **Física Moderna e Contemporânea no planejamento de professores de Física de escolas públicas do Estado do Paraná**. 119 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Setor de Educação, Universidade

Federal do Paraná, Curitiba, 2011.

LOPES, A. R. C. **Conhecimento escolar: ciência e cotidiano**. Rio de Janeiro: Editora da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 1999.

LOPES, Í. K. B.; FERREIRA, T. C. S.; GONÇALVES, L. F. S.; OLIVEIRA, W. C. M.; SANTOS, J. P.; PINTO, E. R.; DINIZ, C. F. ARAÚJO, A. O. Nanotecnologia e Nanociência no Ensino de Química. **Atas do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química**, Salvador, 2012.

LORENZETTI, L. **Alfabetização Científica no Contexto das Séries Iniciais**. 143 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

LOZADA, C. O.; ARAÚJO, M. S. T.; GUZZO, M. M. Educar pela pesquisa e os museus de Ciências: um estudo de caso na Nanoaventura. **Atas do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Londrina, 2006.

MARANDINO, M. Transposição ou recontextualização? Sobre a produção de saberes na Educação em Museus de Ciências. **Revista Brasileira de Educação**, v. 26, p. 95–108, 2004.

MARANDINO, M.; SELLES, S. E.; FERREIRA, M. S. **Ensino de Biologia: histórias e práticas em diferentes espaços educativos**. São Paulo: Editora Cortez, 2009.

MARION, B.; HASAN, N. Importância do desenvolvimento de nanotecnologias nas Engenharias. **Cadernos de Graduação**, v. 2, n. 3, p. 95–108, 2010.

MARQUES-FILHO, E. C. **Crenças de futuros professores de Física em contexto de Inovação Curricular: o caso de um curso de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. 418 f. (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

MARQUES-FILHO, E. C.; BARROS, M. A.; GARBELLOTI, C. R.; BADAN, L. C.; ZAGO, L. Um caso de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio: a inovação curricular através das crenças de auto-eficácia. **Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Campinas, 2011.

MARTINS, P. R.; DULLEY, R. D.; AZEVEDO, R. M. B.; SANCHES-JUNIOR, O. **Nanotecnologia, sociedade e meio ambiente em São Paulo, Minas Gerais e Distrito Federal**. São Paulo: Xamã, 2007.

MARTINS, P. R.; PREMEBIDA, A.; DULLEY, R. D.; BRAGA, R. **Revolução invisível - Desenvolvimento recente da nanotecnologia no Brasil**. São

Paulo: Xamã VM, 2007.

MATTEDI, M. A.; MARTINS, P. R.; PREMEBIDA, A. A nanotecnologia como tecnociência: contribuições da abordagem sociológica para o entendimento das relações entre nanotecnologia, sociedade e ambiente. **Pensamento Plural**, v. 9, p. 115–138, 2011.

MEGID-NETO, J.; FRACALANZA, H. O Livro Didático de Ciências: problemas e soluções. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 2, p. 147–157, 2003.

MELO, L. S. A. **Física Moderna e Contemporânea: uma proposta do uso de seminários no ensino médio em busca de uma aprendizagem significativa da constituição atômica da matéria**. 195 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Ciências Biológicas, Instituto de Física, Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

MENDES, M. R. M.; SANTOS, W. L. P. Argumentação em discussões sociocientíficas: estabelecer o contexto, explorar o discurso. **Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis, 2007.

MENDES, M. R. M.; SANTOS, W. L. P. Argumentação em discussões sociocientíficas em aulas de Química: ainda se tem muito para argumentar. **Atas do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química**, Salvador, 2012.

MENDONÇA, V. L. **Biologia - Manual do Professor**. 2ª ed. São Paulo: Editora AJS, 2013.

MENEGAT, T. M. C.; FAGAN, S. B. O uso de textos de divulgação científica para abordagens de tópicos de nanociências em aulas de Física. **Atas do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Vitória, 2009.

MILHOMEM, P. M.; SILVA, J. L. M. E.; LIMA, D. S.; FONSECA, W. S. Uma abordagem de ensino-aprendizagem baseada na proatividade dos alunos de Ensino Médio em Tucuruí. **Atas do XLI Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Gramado, 2013.

MOREIRA, L. M. **O Teatro em Museus e Centros de Ciências: uma Leitura na Perspectiva da Alfabetização Científica**. 173 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

NASCIMENTO, A. C. L. **A transposição didática dos conteúdos de Mitose e Meiose no Ensino Médio**. 40 f. Monografia (Licenciatura em Ciências Biológicas) - Centro de Ciências da Saúde, Universidade Estadual do Ceará, Beberibe, 2013.

NASCIMENTO, T. G.; ALVETTI, M. A. S. Temas Científicos Contemporâneos no ensino de Biologia e Física. **Ciência & Ensino**, v. 1, p. 29–39, 2006.

NOVO, M. S. **Nanociência, Nanotecnologia: uma visão desde seu nascimento ate apresentação das temáticas a sociedade**. 94 f. Tese (Doutorado em Educação em Ciências) - Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, 2013.

NUNES, D. M.; GUIVANT, J. S. Nanofood: “Crer sem Ver”. **Atas do IV Encontro Nacional da Associação Nacional de Pós-Graduação e Pesquisa em Ambiente e Sociedade**, Brasília, 2008.

OLIVEIRA, A. M.; TOMAZETTI, E. M. Culpabilização Docente: o professor do Ensino Médio e a cultura contemporânea. **Atas do II Seminário Nacional de Filosofia e Educação: Confluências**, Santa Maria, 2001.

ORECI, E. S.; MALDANER, S.; PAULETTI, D.; SEVERINO, A. M. Integração/inserção de astrofísica no ensino de física na escola média. **Atas do XX Salão de Iniciação Científica**, Porto Alegre, 2008.

PAMPLONA, M. H.; LINHARES, M. P.; REIS, E. M. Ensinando Ciências no PROEJA na Perspectiva de Investigação e Interatividade. **Atas do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Vitória, 2009.

PAULINI-JESUS, I.; ASINELLI-LUZ, A. **Nanotecnologia em livros didáticos de Biologia: carências e perspectivas**. In: X SEMINANOSOMA - Seminário Internacional Nanotecnologia, Sociedade e Meio Ambiente, São Paulo, 2013. pôster.

PAULINI-JESUS, I.; ASINELLI-LUZ, A.; FIILIPAK-NETO, F. Nanociência e Nanotecnologia: Percepções Docentes e contribuições para o Ensino Médio. **Atas do 2º Congresso de Pesquisa do Ensino de Ciências e Biologia**, São Paulo, 2013.

PELLEGRIN, T. P. **Manifestações da contextualização no ensino de Ciências naturais nas questões do ENEM: reflexões com base na teoria da vida cotidiana de Agnes Heller**. 151 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Unidade Acadêmica de Humanidades, Ciências da Educação, Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2014.

PEREIRA, C. R. S. **Nanotecnologia e Citologia: Perspectivas para o Ensino de Biologia no Século XXI**. 121 f. Dissertação (Mestrado em Educação em Ciências e Matemática) - Faculdade de Física, Pontifícia Universidade Católica de Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2009.

PEREIRA, C. R. S.; BASSO, N. R. S.; BORGES, R. M. R. Nanotecnologia e Citologia: avaliação de uma proposta de ensino visando à atualização curricular

para o século XXI no ensino de Biologia por meio de unidades de aprendizagem. **Atas da III Mostra de Pesquisa da Pós-Graduação Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul**, Rio Grande do Sul, 2008.

PEREIRA, C. R. S.; BASSO, N. R. S.; ROCHA FILHO, J. B.; BORGES, R. M. R. Nanotecnologia e Citologia na Formação de Professores de Ciências. **Atas do VII Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, Florianópolis, 2009.

PEREIRA, F. D.; HONÓRIO, K. M.; SANNOMIYA, M. Nanotecnologia: Desenvolvimento de Materiais Didáticos para uma Abordagem no Ensino Fundamental. **Química Nova Escola**, v. 32, n. 2, p. 73–77, 2010.

PERFOLL, A. P. A Física Moderna e Contemporânea e o Ensino de Engenharia: Contexto e Perspectivas. **Atas do XXIV Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia**, Passo Fundo, 2006.

PIETROCOLA, M. Inovação curricular em Física: transposição didática e a sobrevivência dos saberes. **Atas do XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Curitiba, 2008.

RAMOS, D. A.; TAKAHASHI, E. K.; KAGIMURA, R. Conciliação entre Pesquisa Científico-Tecnológica e a área de ensino: lições sobre propriedades Físicas de novos materiais de carbono para o ensino médio. **Atas do XIV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, Maresias, 2012.

RAMOS, E. M. F.; BENETTI, B.; SARTORI, A. F. Prática de Ensino de Física - Espaço para fomentar experiências e formar docentes para inovações educacionais. **Atas do VIII Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências**, Campinas, 2011.

REBELLO, G. A. F.; ARGYROS, M. M.; LEITE, W. L. L.; SANTOS, M. M.; BARROS, J. C.; SANTOS, P. M. L.; SILVA, J. F. M. Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA. **Química Nova Escola**, v. 34, n. 1, p. 3–9, 2012.

REGIS, E. **Nano: a ciência emergente da nanotecnologia: refazendo o mundo - molécula por molécula**. Rio de Janeiro: Rocco, 1997.

REIS, E. M.; LINHARES, M. P. Ensino de Ciências com Tecnologias: um caminho metodológico no PROEJA. **Educação & Realidade**, v. 35, n. 1, p. 129–150, 2010.

RIBEIRO, O. B. S. **Formação de um núcleo de apoio regional a professores de física em serviço no ensino médio baseado na Universidade de Itaúna**. 98 f. Dissertação (Mestrado em Física) - Universidade Federal da Minas Gerais, Belo Horizonte, 2007.

ROCO, M. C.; BAINBRIDGE, W. S. **Converging Technologies for Improving Human Performance**. National Science Foundation, 2003.

ROSA, C. A. **Modelagem de plataformas virtuais colaborativas móveis aplicada à educação em micro e nanotecnologias**. 434 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014.

ROSSATO, J.; GRANADA, M. A.; FAGAN, S. B. Análise Investigativa da Percepção de alunos do Ensino Médio a respeito do tema Nanociência e Nanotecnologia. **Atas do XIX Seminário Nacional de Ensino de Física**, Manaus, 2011.

ROSSI, A. V. O PIBID e a Licenciatura em Química num contexto institucional de Pesquisa Química Destacada: cenário, dificuldades e perspectivas. **Química Nova Escola**, v. 35, p. 255–263, 2013.

SANTAROSA, M. C. P. **Investigação da aprendizagem em física básica universitária a partir de um ensino que integra situações e conceitos das disciplinas de Cálculo I e de Física I**. 382 f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2013.

SANTAROSA, M. C. P.; MOREIRA, M. A. O Cálculo nas aulas de Física da UFRGS: um estudo exploratório. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 2, p. 317–351, 2011.

SANTOS, C. A.; VALEIRAS, N. Currículo interdisciplinar para licenciatura em Ciências da Natureza. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 3, p. 2504 1–12, 2014.

SANTOS, L. J.; ROCHA, G. P.; ALVES, R. B.; FREITAS, R. P. Fullerenos [C60]: Química e Aplicações. **Química Nova**, v. 33, n. 3, p. 680–693, 2010.

SANTOS, L. L.; SILVA, É. K.; BATINGA, T. S. Análise de uma sequência didática sobre o tema nanotecnologia para abordagem do conteúdo de colóides. **Atas do XVI Encontro Nacional de Ensino de Química**, Salvador, 2012.

SANTOS-FILHO, J. C.; GAMBOA, S. S. **Pesquisa Educacional: quantidade-qualidade**. 5ª ed. São Paulo: Cortez Editora, 2002.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. DE. Alfabetização científica: uma revisão bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 16, n. 1, p. 59–77, 2011.

SCHULZ, P. A. B. **A encruzilhada da Nanotecnologia: inovação, tecnologia e riscos**. Rio de Janeiro: Vieira & Lent, 2009.

SEED-PARANÁ. **Livro Didático Público de Biologia - Ensino Médio**. 2ª ed. Curitiba: SEED-PR, 2006.

SENAI, S. N. DE A. I. **Nanomundo: um universo de descobertas e possibilidades**. São Paulo: SENAI-SP editora, 2012.

SEPÚLVIDA, L. M.; SOUZA, N. S.; REIS, E. M. Utilização de um espaço virtual de aprendizagem no ensino de Ciências naturais no PROEJA. **Atas do IV Circuito de Iniciação Científica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia**, Campos dos Goytacazes, 2008.

SILVA, A. C. **A compreensão dos monitores de espaços de educação não formal sobre sua atuação em museus e centros de ciências: uma abordagem biológico-cultural**. 154 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2013.

SILVA, C. P. **Grandezas, Funções e Escalas - uma relação entre a Física e a Matemática**. 203 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Ciências Biológicas, Instituto de Física, Instituto de Química, Universidade de Brasília, Brasília, 2013.

SILVA, E. P.; FERREIRA, D. L.; REINEHR, E. E.; ANDRADE, J. M. “Do início até você”: um curso de história da ciência e tecnologia através de filmes no Ensino Médio. **Atas do XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Rio de Janeiro, 2005.

SILVA, H. C. Lendo imagens na Educação Científica: construção e realidade. **Pro-Posições**, v. 1, n. 49, p. 71–83, 2006.

SILVA, H. C.; ZIMMERMANN, E.; HELENA, M. H. D. S.; GASTAL, M. L.; CASSIANO, W. S. Cautela ao usar imagens em aulas de Ciências. **Ciências & Educação**, v. 12, n. 2, p. 219–233, 2006.

SILVA, Í. I. **Tópicos de Física Moderna no Ensino Médio sob uma perspectiva do nanomagnetismo**. 78 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física e de Matemática) - Centro Universitário Franciscano, Santa Maria, 2011.

SILVA, M. P. **Os saberes docentes de futuros professores de Física num contexto de inovação curricular: O caso da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**. 418 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2011.

SILVA, M. P.; BARROS, M. A. Desenvolvimento de uma Sequência de Ensino-aprendizagem sobre Tópicos de Nanociência e Nanotecnologia na Formação Inicial de Professores de Física. **Atas do V Encontro da Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências**, São Paulo, 2010.

SILVA, M. P.; BARROS, M. A.; LABURÚ, C. E. Dificuldades de Implementação de Tópicos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio por Futuros Professores. **Atas do XIX SNEF- Seminário Nacional de Ensino de Física**, Manaus, 2011.

SILVA, O. H. M. **A construção do conceito de Campo Elétrico: da Ciência Física à Física Escolar**. 175 f. Dissertação (Mestrado em Educação) - Setor de Educação, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

SILVA, P. R.; LOPES, J. G. S. Nanociência e Nanotecnologia: contribuições de pesquisas para o ensino de Química e de Ciências. **Atas do XXVIII Encontro Regional da Sociedade Brasileira de Química**, Poços de Caldas, 2014.

SILVA, S. L. A.; VIANA, M. M.; MOHALLEM, N. D. S. Afinal, o que é Nanociência e Nanotecnologia? Uma Abordagem para o Ensino Médio. **Química Nova Escola**, v. 31, n. 3, p. 172–178, 2009.

SIQUEIRA-BATISTA, R.; MARIA-DA-SILVA, L.; SOUZA, R. R. M.; PIRES-DO-PRADO, H. J.; SILVA, C. A.; RÔÇAS, G.; OLIVEIRA, A. L.; HELAYEL-NETO, J. A. Nanociência e Nanotecnologia como Temáticas para a Discussão de Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente. **Ciência & Educação**, v. 16, n. 2, p. 479–490, 2010.

SORPRESO, T. P.; ALMEIDA, M. J. P. M. Obstáculos para a utilização da abordagem CTS no ensino de Física em nível Médio nos discursos de Licenciandos em Física. **Atas da VIII Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología**, Buenos Aires, 2010.

SPOHR, C. B. **O tema da Supercondutividade no nível Médio: desenvolvimento de material hiperfíndia fundamentado em epistemologias contemporâneas**. 161 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Física) - Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

STRIEDER, R. B. **Abordagens CTS na Educação Científica no Brasil: Sentidos e Perspectivas**. 283 f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências) - Instituto de Física, Instituto de Química, Instituto de Biociências, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

SUMAN, P. H. **Análise de uma experiência orientada ao desenvolvimento da cultura científico-tecnológica de alunos do ensino médio envolvendo o campo da nanociência e nanotecnologia**. 194 f. Monografia (Licenciatura em Física) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

TENFEN, D. N. **Mapas conceituais como ferramenta para a organização do**

- conhecimento em uma disciplina sobre história da Física.** 206 f. Dissertação (Mestrado em Educação Científica e Tecnológica) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.
- TIRONI, C. R.; SCHMIT, E.; SCHUHMACHER, V. R. N.; SCHUHMACHER, E. A Aprendizagem Significativa no Ensino de Física Moderna e Contemporânea. **Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências**, Água de Lindóia, 2013.
- TOMA, H. E. **O mundo Nanométrico: a dimensão do novo século.** 2^a ed. ed. 2009.
- TOMA, H. E.; ARAKI, K. Nanotecnologia, o gigantesco e promissor mundo do muito pequeno. **Ciência Hoje**, v. 37, n. 217, p. 24–31, 2005.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DO TOCANTINS. **Resolução do Conselho de Ensino, Pesquisa e Extensão (CONSEPE) N.º 17/2012**, 2012. Disponível em: <http://download.uft.edu.br/?d=6c0ca8db-35bd-4fc8-9ec8-751ac01bf40d:17_2012_retificacao_da_ementa_da_disciplina_obrigatoria_seminarios_interdisciplinares_iii_5484.pdf>. Acesso em: 3/6/2014.
- UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ. **Projeto de Abertura do I Curso de Especialização em Ensino de Física**, 2011. Disponível em: <<http://www.utfpr.edu.br/estrutura-universitaria/pro-reitorias/proppg2/conselho-de-pesquisa-e-pos-graduacao/processos/119-11/119.pdf#page=9>>. Acesso em: 3/6/2014.
- VALADARES, E. C.; CHAVES, A. S.; ALVES, E. G. **Aplicações da física quântica, do transistor a nanotecnologia.** São Paulo: Livraria da Física, 2005.
- WEBER, K. C.; ALMEIDA, E. C. S.; FONSECA, M. G. ; BRASILINO, M. DAS G. A. Vivenciando a prática docente em Química por meio do Pibid: introdução de atividades experimentais em escolas públicas. **Revista Brasileira de Pós-Graduação**, v. 8, p. 539–559, 2012.
- ZANELLA, I.; FAGAN, S. B.; BISOGNIN, V.; BISOGNIN, E. Abordagens em Nanociência e Nanotecnologia Para o Ensino Médio. **Atas do XVIII Simpósio Nacional de Ensino de Física**, Vitória, 2009.

APÊNDICE I - RELAÇÃO CRONOLÓGICA DAS PUBLICAÇÕES ANALISADAS NO EIXO PROPOSTAS DE INCLUSÃO DOS CONHECIMENTOS EM NANOTECNOLOGIAS NO ENSINO MÉDIO

Nº	AUTORIA	ANO	TÍTULO	MEIO DE PUBLICAÇÃO	VINCULAÇÃO DOS AUTORES DESCRITA NAS PUBLICAÇÕES
1	Vanderlei André Cima	2007	Tópicos de ciência e tecnologia contemporâneas na educação básica: retratos de um desafio docente	Dissertação de Mestrado	Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica da UFSC
2	André Ary Leonel ¹ Carlos Alberto Souza ²	2009	Nanociência e Nanotecnologia para o Ensino de Física Moderna e Contemporânea na Perspectiva da Alfabetização Científica e Técnica	VII ENPEC- Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências	¹ UFSC/Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica/ <u>Colégio Salvatoriano Nossa Senhora de Fátima</u> ; ² UFSC/Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica/ Escola Agrotécnica Federal de Sombrio
3	Suzeley Leite Abreu Silva ¹ Marcelo Machado Viana ² Nelcy Della Santina Mohallem ³	2009	Afinal, o que é Nanociência e Nanotecnologia? Uma Abordagem para o Ensino Médio	Química Nova Escola	¹ Licenciada em Química pela UFMG; ² Licenciado em Química e mestre em físico-química pela UFMG, é doutorando em físico-química pela UFMG; ³ Graduada em física pela UNICAMP, mestre em Ciências Técnicas Nucleares pela UFMG, doutora em Física Aplicada pela USP, é docente do Departamento de Química da UFMG
4	Pedro Henrique Suman	2009	Análise de uma experiência orientada ao desenvolvimento da cultura científico-tecnológica de alunos do ensino médio envolvendo o campo da nanociência e nanotecnologia	Trabalho de Conclusão de Curso	Curso de Licenciatura em Física da Faculdade de Engenharia da Universidade Estadual Paulista
5	Anderson Luiz Ellwanger	2010	Módulo didático sobre nanociência para o ensino básico	XIV Simpósio de Ensino, Pesquisa e Extensão	Centro Universitário Franciscano
6	André Ary Leonel	2010	Nanociência e nanotecnologia: uma proposta de ilha interdisciplinar de racionalidade para o ensino de Física Moderna e Contemporânea no ensino	Dissertação de Mestrado	Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica Universidade Federal de Santa Catarina

			médio		
7	Emanuel Vicente Chimanski Eduardo Vicentini	2011	Ensino de Física: fulerenos uma bela geometria molecular	II SIEPE - Semana de Integração- Ensino, Pesquisa e Extensão	Universidade Estadual do Centro-Oeste, Setor de Ciências Exatas e da Terra, Departamento de Física, Guarapuava, Paraná.
8	Ícaro Ilo da Silva	2011	Tópicos de Física Moderna no Ensino Médio sob uma perspectiva do nanomagnetismo	Dissertação de Mestrado	Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física e de Matemática do Centro Universitário Franciscano
9	Gabriel Antonio Fontes Rebello ¹ Mécia da Matos Argyros ¹ Wallace Leonardo Lopes Leite ² Mayke Machado Santos ³ José Celestino Barros ⁴ Paula Macedo Lessa dos Santos ⁵ Joaquim Fernando Mendes da Silva ⁶	2012	Nanotecnologia, um tema para o ensino médio utilizando a abordagem CTSA	Química Nova Escola	¹ Alunos do <u>Colégio de Aplicação da UFRJ</u> e bolsistas de Iniciação Científica Júnior; ² Aluno de graduação da UFRJ; ³ Aluno de graduação e pós-graduação lato sensu em ensino de Química pela UFRJ; ⁴ Engenheiro químico pelo IME e mestre em Química pela UFRJ, é doutorando em Química pela UFRJ; ⁵ Graduada em Química pela UERJ, mestre e doutora em Química de Produtos Naturais pela UFRJ, é química na UFRJ e professora do ensino médio; ⁶ Professor do Instituto de Química da UFRJ e coordenador do curso de Especialização em Ensino de Química desta instituição
10	Cátia Fernandes Gama	2013	Uma proposta para o Ensino de nanociência e da nanotecnologia, nas aulas de Física do Ensino Médio	Dissertação de Mestrado	Programa de Pós-graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo
11	Ilaiáli Souza Leite Ariane Baffa Lourenço José Guilherme Licio Antonio Carlos Hernandes	2013	Uso do método cooperativo de aprendizagem Jigsaw adaptado ao ensino de nanociência e nanotecnologia	Revista Brasileira de Ensino de Física	Laboratório de Difusão Científica, Grupo de Crescimento de Cristais e Materiais Cerâmicos, Instituto de Física de São Carlos, USP
12	André Ary Leonel ¹ Rafaela Samagaia Lamy-Peronnet ¹	2013	Nanociência e Nanotecnologia: do debate público à sala de aula	IX ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisas em Educação em Ciências	¹ Programa de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, UFSC
13	Dayane Araujo	2014	Utilizando Quadrinhos como	Monografia	Curso de Graduação em Física. Centro de

	Bezerra		motivação para a introdução da nanotecnologia na Educação Básica através da construção de uma escala decimal		Ciência e Tecnologia Universidade Estadual da Paraíba
14	Anderson Luiz Ellwanger ¹ Ronaldo Mota ² Solange Binotto Fagan ²	2014	Abordagem de nanociência no ensino médio	Vidya	¹ Mestre. Centro universitário Franciscano ² Doutor. Centro universitário Franciscano



APÊNDICE 2 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO



Nós, Izabela Paulini de Jesus e Ivanilda Higa - pesquisadoras vinculadas ao Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade Federal do Paraná - estamos convidando você, professor de Biologia, a colaborar com o estudo intitulado “O ensino de Ciências e a Nanotecnologia: formação docente e livros didáticos”, cujo objetivo é compreender a perspectiva dos professores sobre a abordagem da nanotecnologia no ensino de Biologia.

- a) **Caso você participe da pesquisa será necessário** preencher uma ficha de dados pessoais e conceder uma entrevista para a pesquisadora. Esta entrevista será gravada em áudio e depois transcrita em forma de texto escrito pela pesquisadora. A transcrição será encaminhada para o entrevistado para que esse tenha a possibilidade de alterar algo, se necessário.
- b) **As entrevistas serão realizadas** no local de sua preferência. Para tanto, será necessário no máximo 50 minutos para conceder a entrevista. Entretanto, caso seja necessário completar a entrevista, poderá ser solicitado outro encontro com a pesquisadora, respeitando-se o seu tempo disponível.
- c) **A entrevista trata de** aspectos sobre a relação entre o professor e os conteúdos escolares e a abordagem da nanotecnologia no ensino Biologia. Assim, o objetivo da entrevista é ouvir seu ponto de vista, o que você pensa a respeito dessas relações. É possível que você experimente algum constrangimento ao expor suas opiniões. Nestas situações, você pode pedir maiores esclarecimentos à pesquisadora e, caso esse constrangimento persista, você pode recusar responder determinadas perguntas, sem prejuízo à sua participação no restante da pesquisa.
- d) No entanto, não há **riscos** previsíveis a não ser o desconforto descrito anteriormente.
- e) Os **benefícios** esperados com essa pesquisa são conhecer aspectos da abordagem da nanotecnologia no ensino Biologia, buscando contribuir para a implementação de políticas públicas direcionadas para o ensino de nanotecnologia e a Educação Básica. Nem sempre você será diretamente beneficiado com o resultado da pesquisa, mas estará contribuindo para o avanço científico e educacional.
- f) As pesquisadoras Izabela Paulini de Jesus (estudante de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Educação da UFPR – telefone (41) 96352010 – email: izabelapj@gmail.com) e Ivanilda Higa (Doutora em Educação vinculada ao Departamento de Teoria e Prática de Ensino do Setor de Educação e do Programa de Pós-Graduação em Educação da UFPR – email: ivanildahiga@gmail.com), **responsáveis por este estudo**, poderão ser contatadas para esclarecer eventuais dúvidas que você possa ter e fornecer as informações que queira, antes, durante ou depois de encerrado o estudo.
- g) A sua **participação neste estudo é voluntária** e se você não quiser mais

Rubricas

Colaborador(a):

Pesquisadora:

Orientadora:

fazer parte da pesquisa poderá desistir a qualquer momento e solicitar que lhe devolvam o termo de consentimento livre e esclarecido assinado.

h) Pela sua participação no estudo você não receberá qualquer valor em dinheiro.

i) As **informações relacionadas ao estudo poderão ser conhecidas por** pessoas autorizadas, tais como a professora orientadora da pesquisa, Ivanilda Higa.

j) Quando os resultados forem publicados, o nome da escola em que você trabalha não será divulgado. A **identificação dos colaboradores da pesquisa** será realizada conforme a autorização concedida por cada colaborador. Caso o colaborador não queira ser identificado, seu nome será omitido e substituído por um código. Há ainda a opção de o próprio colaborador escolher um pseudônimo para sua identificação na pesquisa, assim apenas os que conhecerem o pseudônimo do colaborador poderão identificá-lo. Pode-se optar também por divulgar o nome do colaborador. Portanto, solicito que você escolha entre as opções a seguir para sua identificação na pesquisa e em suas respectivas publicações.

Autorizo que ME IDENTIFIQUE, utilizando o meu próprio nome.

Autorizo que ME IDENTIFIQUE, utilizando o seguinte pseudônimo:

NÃO AUTORIZO QUE ME IDENTIFIQUE, substituindo meu nome por um código ou pseudônimo, escolhido pela pesquisadora.

Eu, _____ li esse termo de consentimento e compreendi a natureza e objetivo do estudo do qual concordei em participar. A explicação que recebi menciona os riscos e benefícios. Eu entendi que sou livre para interromper minha participação a qualquer momento sem justificar minha decisão.

Eu concordo voluntariamente em participar deste estudo.

_____, _____ de _____ de 2015.

Assinatura do(a) Colaborador(a) da Pesquisa

Assinatura da Pesquisadora
Izabela Paulini de Jesus

Assinatura da Orientadora
Ivanilda Higa



APÊNDICE 3 - FICHA DE DADOS PESSOAIS

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
EDUCAÇÃO
MESTRANDA IZABELA PAULINI DE JESUS
ORIENTADORA IVANILDA HIGA
FICHA DE DADOS PESSOAIS



Além de Biologia você leciona outra disciplina?

() Não () Sim.

Qual(is)? _____

1. Possui:

() Graduação.

Curso: _____

Instituição: _____ Ano de conclusão: _____

() Pós-Graduação.

Curso: _____

Instituição: _____ Ano de conclusão: _____

() Outra formação

profissional: _____

() Cursos de formação continuada. Cite os principais _____

2. Qual a sua carga horária de trabalho semanal atualmente?

3. Qual é o seu contrato com a rede estadual de ensino público?

() QPM () PSS

4. Quantos anos você trabalha como professor?

5. Trabalha atualmente no Ensino Médio em escolas particulares?

() Não () Sim

6. Qual material você utiliza como base para planejar suas aulas?

7. Assinale um "X" na opção mais adequada para a frequência de uso dos recursos, estratégias ou abordagens didáticas em suas aulas

	Frequentemente	As vezes	Nunca
Aula expositiva			
Aula dialogada			
Debate			
Demonstração			
Exemplos do cotidiano			
Experimentos			
História da Ciência			
Interdisciplinaridade			
Livro Didático			
Pesquisa nos computadores da escola			
Modelagem			
Saída de campo			
Seminário apresentado pelos alunos			
Texto de divulgação científica			
Vídeo			
Outro:			
Outro:			
Outro:			

8. Qual o livro didático adotado na escola em que você trabalha?

APÊNDICE 4 - ROTEIRO DE ENTREVISTA COM PROFESSORES DE BIOLOGIA

1. Me conte sobre as suas **experiências profissionais**.
2. Qual é a sua relação com **tecnologia**?
3. Na ficha você indicou que opta pelo **_material_** para planejar as suas aulas. Por que você **opta** por esse material?
4. Você participou da escolha do **livro didático** indicado aqui na ficha?
SIM: porque você optou por esse livro?
NÃO: você gosta de trabalhar com o livro adotado?
5. Quais **conteúdos** você trabalha em cada série do Ensino Médio?
6. Alguns professores de Biologia dizem que **não dá tempo de ensinar tudo**. Isso também acontece com você?
SIM: Como você escolhe o que vai ensinar?
NÃO: O que você recomendaria a esses professores que dizem que não dá tempo?
7. Há algum conteúdo que você já não ensina mais ou gostaria de excluir das suas aulas? Qual seria? Porque?
8. Há algo que você gostaria de **incluir** nas suas aulas? Porque?
9. Nas suas aulas aparecem as relações entre **ciência, tecnologia e sociedade**? Pode citar um exemplo de aula em que essa relação apareça?
10. Os **alunos** já te perguntaram algo sobre **nanotecnologia**? O que?
11. Que **nota** você daria para o seu conhecimento a respeito de nanotecnologia, sendo que 0 significa nenhum conhecimento e 10 representa um grande conhecimento?
 - i. ZERO: questão 12
 - ii. UM OU MAIS: questão 14
12. Você ensina sobre **Biotecnologia**?
SIM: i) Pode citar um exemplo de uma **aula** sobre Biotecnologia? Série?
 ii) Você **modificaria** algo nessa aula?
 iii) **Porque** você ensinou sobre isso?

v) Você trabalha **outros tópicos** de Biotecnologia? Quais?
Séries?

iv) Como costumam ser as **avaliações** sobre Biotecnologia?

NÃO: i) Você conhece outros professores que ensinam Biotecnologia?

ii) Porque você optou por não ensinar?

13. **Você gostaria de comentar algo a mais sobre o que conversamos?**

14. Como você **conheceu** a nanotecnologia?

15. O que a nanotecnologia **significa** pra você?

16. Você já trabalhou nanotecnologia em **sala de aula**?

SIM: O que te levou a trabalhar nanotecnologia em sala de aula?

i. Essa temática foi associada a algum **conteúdo**? Qual?

ii. Você pode descrever como foi a **sequência** dessa aula?

iii. Quais **recursos ou estratégias** você utilizou para trabalhar nanotecnologia?

iv. O que você registrou no **diário de classe** quando deu essa aula?

Se for nano: () isso também estava registrado no Plano de Trabalho Docente?

v. Você precisou **retirar alguma atividade ou conteúdo** para dar tempo de trabalhar nanotecnologia na aula?

vi. Esta aula envolvendo nanotecnologia fez parte do processo de **avaliação dos estudantes**? De que forma?

vii. Quais foram as **reações dos alunos** durante ou após essa aula?

viii. Você **modificaria** algo nessa aula?

ix. Houve alguma **dificuldade** para planejar ou desenvolver essa aula?

x. Essa aula irá se repetir nesse ano? Eu poderia acompanhá-la?

xi. Você **comentou com outros professores** sobre o que ensinou?

xii. Você conhece **outros professores que ensinam** sobre nanotecnologia?

NÃO: Você vê alguma relação entre nanotecnologia e Biologia?

SIM: Você daria uma aula sobre isso?

17. **Você gostaria de comentar algo a mais sobre o que conversamos?**