

A Física Moderna e Contemporânea nas perspectivas CTSA e História da Ciência nos livros didáticos de Física

CTSA- and HC-based analysis of Modern and Contemporary Physics in
Brazilian Textbooks

Daniel Trugillo Martins Fontes

Universidade de São Paulo

André Machado Rodrigues

Universidade de São Paulo

Resumo: Este trabalho volta-se ao estudo da presença da temática Física Moderna e Contemporânea (FMC) em duas coleções de livro didático de Física para o ensino médio, indicados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) ano de 2017. A análise foi fundamentada em critérios estabelecidos pelos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM). Utilizamos duas categorias de análise: ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA) e história da ciência (HC). A investigação, coleta e organização dos dados tiveram como fundamento a metodologia qualitativa de análise e no trabalho de Macedo e Silva (2010). Observa-se que, embora haja uma tentativa por parte dos autores em apresentar a FMC, sua relação com a CTSA e HC é escassa e concentrada no último volume das coleções. No geral, quando comparado com as outras áreas, a FMC tem pouco espaço na coleção, e o seu aparecimento é concentrado na forma de um conhecimento adicional, como uma curiosidade, em forma de texto deslocado no meio do livro em seções específicas.

Palavras-chave: Análise de livro didático, PNLD, Física Moderna e Contemporânea.

Abstract: This paper is devoted to the study of Modern and Contemporary Physics (MCP) as a theme in two collections of Physics textbooks for high school, both recommended by the National Program of Textbooks (PNLD, Brazilian acronym) in 2017. The analysis was based on criteria established by Brazil's National Curricular Parameters for High School (PCNEM, Brazilian acronym). We used two categories of analysis: science, technology, society and environment (STSE) and history of science (HC). The research, collection and organization of the data were based on the qualitative methodology of analysis and on the work by Macedo and Silva (2010). It is observed that, although the authors attempt to present MCP, its relationship with STSE and HC is scarce and concentrated on the last volume of the collections. Overall, when compared to other areas, FMC has a weak presence in the collection, concentrated on the form of additional knowledge, only as a curiosity, in the form of a text displaced in the middle of the book in specific sections.

Keywords: Textbook analysis, PNLD, Modern and Contemporary Physics.

Introdução

O estudo da Física Moderna e Contemporânea (FMC) e sua presença na literatura é relativamente menor, se compararmos a outras áreas da física clássica como a mecânica, eletromagnetismo, termodinâmica (ARAUJO; VEIT, 2004). A importância da inserção do FMC no currículo da educação básica já foi abordada por diferentes autores (TERRAZAN, 1992; OSTERMANN; FERREIRA; CAVALCANTI, 1998; VALADARES; MOREIRA, 1998) e percebemos que atualmente a discussão está mais centrada nas formas de apresentação desses conteúdos.

Não obstante, localizar temporalmente a FMC pode ser uma tarefa difícil, pois muitas vezes não há um evento histórico que marque o início de um ramo da ciência. Contudo, nos apoiemos na definição apresentada por Dominguini (2012) para uma possível interpretação do termo ‘moderna’:

A física moderna é o conjunto de teorias surgidas a partir do início do século XX, a partir dos trabalhos de Planck a respeito da mecânica quântica, que passa a estudar os fenômenos físicos da matéria em escala atômica e os de Einstein sobre a relatividade, que busca explicar os fenômenos em escalas astronômicas, envolvendo grandes quantidades de energia e massa (DOMINGUINI, 2012, p. 2502).

De maneira semelhante, para definir a física ‘contemporânea’, alguns autores sugerem seu início data da década de 40 (ALVETTI, 1999; OSTERMANN; MOREIRA, 1998). Assim, para efeitos deste trabalho, sempre que nos referirmos à FMC, estamos levando em consideração a ciência física que fora desenvolvida, suas tecnologias e suas relações com a sociedade ao logo do século XX.

O objetivo principal deste artigo consiste na análise de textos referentes à FMC contidos em duas coleções de livros didáticos aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) 2018. Optamos por analisar livros didáticos, pois estes são um dos principais recursos utilizados pelos professores em sala de aula (MATOS, 2016). Como categoria de análise, escolhemos as abordagens: ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA) e história da ciência (HC), uma vez que entendemos o conhecimento científico como fruto de uma construção humana a partir dos contextos históricos e sociais (DUARTE, 2016).

Revisão da literatura

Diversos pesquisadores na área do ensino de ciências já destacaram a importância de introduzir a FMC na educação básica. Ostermann (2000) relata que essa preocupação ganhou destaque quando foi realizada a Conferência sobre o Ensino de Física Moderna em 1986 no estado de Illinois, Estados Unidos. Na acepção de Terrazzan (1992), uma plethora de aparelhos atuais, bem como de fenômenos do cotidiano, somente serão compreendidos caso o estudante tenha o conhecimento de conceitos relacionados à FMC. Sua consolidação na educação básica é de suma importância, tendo em vista a impossibilidade de exercer plenamente opiniões críticas e conscientes sobre a tecnologia atual sem conhecimentos básicos relacionados à física do novo século.

Valadares e Moreira (1998) mostram que os estudantes da educação básica precisam conhecer o mínimo de conceitos físicos contemporâneos para que se possa compreender os fundamentos da atual tecnologia haja vista a sua presença massiva no cotidiano. A partir do trabalho de Ostermann (2000), vemos que países desenvolvidos já solidificaram justificativas para o ensino de FMC nos currículos escolares. A autora também sugere a Física da atualidade é que desperta a curiosidade e estimula os estudantes a perseguirem uma carreira na ciência. Nessa direção, Sousa (2007) defende que o ensino de ciências precisa abordar temas da atualidade para despertar o interesse dos estudantes.

Cavalcante e Tavolaro (2004), ao apresentarem uma oficina de Física Moderna para o estudo do comportamento dual da luz, mostram que a FMC pode ser utilizada como uma complementação à física clássica. Assim, a FMC permite uma abrangência maior para o entendimento da natureza e da concepção de mundo do homem moderno e, através da utilização de experimentos simples, permite desmitificar muitos aspectos do cotidiano dos alunos. Da mesma forma, Pinto e Marques (2010) mostraram que o estudo da radioatividade no ensino médio, ministrado de maneira contextualizada e interdisciplinar, é importante para a formação crítica dos estudantes a respeito dos processos radioativos no cotidiano.

Barragán, Mortimer e Leal (2007) apontam como a população geral possui informações rasas e poucas articuladas sobre o tema radiação. Os autores defendem que a produção de materiais didáticos e o planejamento de sequências didáticas são essenciais para propiciar maior conscientização e conhecimento a respeito desta temática. Acrescentam que o trabalho e a discussão sejam feitos na educação básica, tendo em vista seu importante papel na formação e propagação do conhecimento científico e tecnológico.

Garcia (2009) nos mostra um extensivo panorama sobre a inserção de FMC no ensino médio. Para isso, a autora divide as justificativas de inserção em três diferentes aspectos, cada qual com uma ênfase específica. Entre as categorias estão as justificativas que privilegiam: (i) a introdução da FMC devido à importância do entendimento de questões da própria ciência, que permita uma compreensão das novas ideias introduzidas pela física tais como a relatividade do espaço e tempo e a quantização da energia; (ii) justificativa de caráter tecnológico visto que muito da tecnologia presente no cotidiano tem raízes em conceitos abordados na FMC; (iii) justificativas nos aspectos sociais no qual defendem a FMC como um dos meios possíveis e necessário para permitir uma formação mais ampla ao estudante, tornando-os críticos para que possam compreender e lidar com os problemas contemporâneos como o uso de usina nuclear como matriz energética.

Desse modo, fica evidenciado o consenso sobre a importância da inserção de conceitos atuais da Física na Educação Básica. Percebemos que o estudo deste tema permite que os estudantes se apropriem de conhecimentos considerados relevantes, em consonância para si com o coletivo que os acolhe.

O livro didático como instrumento mediador

Ao posicionarmos a presença de FMC nos materiais didáticos como um objeto de investigação, é interessante que primeiro seja abordada a questão a respeito de como esta se apresenta para os estudantes da Educação Básica na sala de aula. Temos que “o livro didático tem sido considerado um dos mais importantes elementos do processo de ensino-aprendizagem” (MATTOS, 2016, p. 103); sendo assim, o livro escolar configura-se um importante guia para o professor conduzir a sua atividade de ensino. Essa foi a razão que nos levou a analisar a presença da FMC nos livros didáticos.

No Brasil, os primeiros registros de publicações nos livros didáticos começam a aparecer na segunda década do século XIX. Contudo, devido a diversos fatores históricos, por volta do final desse mesmo século, os currículos deixaram de ser predominantemente humanistas com disciplinas como retórica e filosofia, para dar mais espaço às disciplinas científicas tais como a Física (NICIOLI JUNIOR; MATTOS, 2008). Do início do século XX até meados dos anos 1960, os livros didáticos de ciências eram traduções e adaptações de livros estrangeiros americanos, franceses e ingleses e, posteriormente, teríamos a criação e implementação de projetos de ensino como FAI (Física Auto-Instrutivo) e o GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física) (NICIOLI JUNIOR; MATTOS, 2008, 2012; NARDI, 2005).

O governo federal brasileiro, em específico o Ministério da Educação (MEC), ao longo da publicação de Decretos e Leis, na década de 30 conseguiu aperfeiçoar, amplificar e modificar o programa voltado à distribuição de obras didáticas aos estudantes da rede pública de ensino. Através do Decreto nº 91.542, de 19/8/85, surge o Programa Nacional do Livro Didático em seus moldes atuais (MANTOVANI, 2009).

Diferentemente do ensino fundamental, o ensino médio não foi contemplado pelo PNLD. O atendimento do ensino médio foi gradativo e teve seu início apenas após 19 anos, em 2004. Neste ano, no primeiro ano de execução do então recém-criado Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM), foram adquiridos livros de Português e Matemática para o 1º ano das regiões Norte e Nordeste. Apenas em 2008 teve início a houve escolha de livros didáticos para a disciplina de Física, livros que comporiam o PNLEM de 2009. O PNLEM se extinguiu em 2011, sendo incorporado ao PNLD em 2012 (BRASIL, 2011). Em consonância com os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCNs) e os Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (PCNEM), os livros didáticos aprovados pelo PNLD devem atender a diversos requisitos.

Os PCNEM prezam pelo estabelecimento de competências e habilidades a serem desenvolvidas pelos estudantes que permitam uma postura crítica. Particularmente, temos nos PCNEM (BRASIL, 2006), a respeito das Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, a determinação de promover a contextualização do conhecimento físico. Para isso, é sugerido o debate sobre as diferentes fontes de energia em escala social, incluindo a energia nuclear e pontuando seus benefícios e malefícios. Também vemos apontamentos na direção de permitir aos estudantes discussão a respeito da indevida utilização das radiações ionizantes e as consequências da produção de bombas atômicas. Reconhecer a Física como construção humana, salientando os aspectos históricos, sociais, econômicos e políticos também estão delineados como competências e habilidades a serem desenvolvidas (BRASIL, 2000).

Neste estudo, tomamos como objeto de análise as coleções de Física, dos autores, Bonjorno, Casemiro, Clinton e Eduardo Prado, Manual do Professor, 3ª edição, Editora FTD, 2016; e Física, dos autores, Aurelio Gonçalves Filho e Carlos Toscano, Manual do Professor, 2ª edição, Editora LeYa, 2016. Ambas as coleções foram selecionadas a partir de uma lista dos livros aprovados no PNLD 2018 (BRASIL, 2017). O exame do material didático foi realizado através dos exemplares físicos, sem conteúdo digital, tentando aproximar da experiência pelo professor na avaliação dos livros didáticos nas escolas.

Contexto e metodologia

Realizamos um escrutínio dos três volumes que compõem cada coleção citada anteriormente. No total, foram seis volumes investigados. Os critérios utilizados para análise foram destacados, tendo em vista os direcionamentos apontados no PCNEM e no guia do livro didático (BRASIL, 2017). Dentre os diversos critérios e objetivos apresentados por esses materiais, foram selecionados dois que julgamos extremamente pertinentes e que estão em consonância com os indicadores nacionais. Assim, analisamos a coleção sob os aspectos ligados à ciência, tecnologia, sociedade e ambiente (CTSA), buscando compreender de que maneira as coleções analisadas se preocuparam em trabalhar a Física como fruto de uma construção humana, como elemento de interpretação e intervenção, permeada de debates e controvérsias históricas, isto é características que fazem alusão a História da Ciência (HC).

A abordagem contextualizada do ensino atua como meio para minimizar algumas características potencialmente problemáticas em ensino de ciências. Segundo Feitosa e Dias (2015) atualmente encontramos um ensino de Ciências da Natureza que se caracteriza pela implementação de um saber fragmentado, enciclopédico, focando a nomenclatura científica e com ênfase na memorização de conceitos. Essa posição curricular da não-conectividade dos saberes é antiga, remetendo às primeiras décadas do século XX. Contudo, a humanidade se desenvolveu de maneira exponencial, não apenas populacionalmente, mas também tecnologicamente. Vivemos em um ambiente e o transformamos para viver; este processo, se não for muito bem apreciado e cuidadoso, pode acarretar graves distúrbios ambientais (CHAVES; FARIAS, 2005).

Do nosso ponto de vista, homem moderno através do seu comportamento para suprir o exagero da demanda comercial, acaba por gerar diversos e profundos agravos ecológicos tais como: o uso indevido do solo, provocando erosões, alterações climáticas; poluição dos rios e dos oceanos, ameaçando a vida marinha: extinção de animais selvagens devido ao contrabando, entre outros. Ademais, temos outras grandes problemáticas que ameaçam seriamente a humanidade tais como o lixo atômico acumulado, acidentes em usinas nucleares, o efeito estufa e o enfraquecimento da camada de ozônio. Dito isso, não há dúvidas da necessidade de focar o ensino pautado no pilar das relações CTSA.

Semelhantemente, evocar a HC como metodologia para o ensino não é uma tendência recente. Jenkins (1990) aponta que a inclinação por tratar tópicos relativos à HC em sala de aula remete ao Reino Unido, ao final do século XIX e às primeiras décadas do século XX. Todavia, ao longo das décadas, esta temática foi amplamente debatida e modificada. Filósofos, epistemólogos e historiadores se inclinaram perante

esta questão, lutando a favor de uma abordagem crítica deste tópico. Modernamente, a HC possui destaque e virou um amplo campo de estudo. Há revistas especializadas na área com inúmeros artigos, assim como diferentes eventos e congressos destinados a esta temática (MARTINS, 2008).

Sabemos que a HC é didaticamente viável e muitas vezes útil, permitindo um ensino interativo, interessante que pode facilitar a aprendizagem tal como comenta Martins (1998). Embora amplamente difundida e presente nos livros didáticos, há diversas situações que distorcem o seu uso e significado, prejudicando a aprendizagem e perpetuando o registro cronológico e acrítico dos acontecimentos, entre os quais o excesso de longas biografias, inundadas por datas e que não fazem a devida menção às ideias científicas e aos contextos socioculturais.

Forato, Martins e Pietrocola (2012) apresentam alguns destes aspectos que deveriam constar nas escolas segundo os aspectos da Natureza das Ciências. Questões como problematizar uma visão exclusivamente empírico-indutivista da construção da ciência, problematizar os mitos sobre a construção do conhecimento científico, revelando crenças, valores, disputas e controvérsias que permeiam a construção da ciência e compreender a ciência como construção humana e sua relação com outros campos do conhecimento, incluindo as diversas manifestações artísticas, também são expostos em Vital e Guerra (2014). Através destes exemplos conseguimos ter uma noção da ampla gama de aspectos, itens e opções de investigações relativas à HC assim como a sua importância dentro da sala de aula e nos manuais didáticos.

Uma vez delimitadas as categorias de análise, bem como apresentado sua devida importância no que tange ao ensino de Ciências no geral e de Física, em particular, optamos pela metodologia qualitativa de análise (BOGDAN; BIKLEN, 1992). Diferentemente da pesquisa quantitativa que busca determinação causal nos dados, a pesquisa qualitativa busca uma extrapolação para situações similares (HOEPFL, 1997). De maneira geral, Strauss e Corbin (1990) definem pesquisa qualitativa como qualquer tipo de pesquisa que produz resultados que não foram frutos de processos estatísticos ou outros meios quantitativos. Assim, tão importante quanto classificar o conteúdo apresentado ao final do capítulo do livro didático, é observar suas estratégias de apresentação.

É do nosso interesse como pesquisadores analisar como as questões descritas no livro se manifestam através da sua linguagem, forma, conteúdo e relação com o cotidiano. Para tal, a orientação para a coleta e organização dos dados foi inspirada nos primeiros procedimentos realizados por Macedo e Silva (2010) de tal maneira que, inicialmente, houve uma leitura de reconhecimento do material, isto é, uma leitura rápida do livro em questão, com o objetivo de localizar e selecionar os dados a priori para a consecução da pesquisa. Em seguida, através de uma leitura exploratória, foi possível verificar se os dados selecionados pela leitura de

reconhecimento anterior eram, de fato, relevantes para o estudo. Por fim, foi realizada a leitura seletiva; neste momento, através de exame minucioso, foi avaliado o material de forma a identificar de fato quais dados eram realmente importantes para os fins propostos.

Resultados estruturais das coleções analisadas

No intuito de facilitar a leitura e organização dos dados, visto que ambas coleções se chamam 'Física', chamaremos de LD1 os livros da coleção dos autores Bonjorno, Casemiro, Clinton e Eduardo Prado e LD2 os livros da coleção dos autores Aurelio Gonçalves Filho e Carlos Toscano.

Tabela 1: dados estruturais dos três volumes do LD1

LD1	Geral			Relacionado à FMC		
	Vol. 1	Vol. 2	Vol. 3	Vol. 1	Vol. 2	Vol. 3
Nº total de páginas	288	288	272	3	3	66
Unidades	6	4	4	0	0	1
Capítulos	14	16	13	0	0	3
Exercícios resolvidos	88	91	85	0	0	18
Exercícios propostos	302	301	288	0	0	55
Pense e responda	50	42	43	0	0	9
Pensando as ciências	30	44	25	2	2	10
Experimento	9	14	10	0	0	0
Mais atividade	51	28	30	0	0	10
A história conta	6	4	4	0	0	2

Fonte: os autores.

Tabela 2: dados estruturais dos três volumes do LD2

LD2	Geral			Relacionado à FMC		
	Vol. 1	Vol. 2	Vol. 3	Vol. 1	Vol. 2	Vol. 3
Nº total de páginas	287	240	239	11	7	43
Capítulos	8	7	5	0	0	1
Exercícios resolvidos	12	6	8	0	0	5
Exercícios	240	341	218	0	0	27
Algo A+	18	16	23	1	0	5
Texto e interpretação	8	7	5	3	1	1
Atividades experimentais	8	15	13	0	0	1
Exercícios de revisão	192	138	138	0	2	19
Projetos	2	2	2	0	0	1

Fonte: os autores

Dadas as tabelas acima, notamos que as duas coleções destinam praticamente todos os conteúdos referentes à FMC para o último volume. Acreditamos que isto pode prejudicar o trabalho deste tema, visto que há pouca oportunidade desse material ser simplesmente ignorado frente às demandas sociais presentes neste período da vida acadêmica dos alunos ou, simplesmente, pela falta de tempo hábil (CAVALCANTE, 1999). Grande parte dos estudantes do último ano do ensino médio está preocupada com os vestibulares; outros precisam largar a escola prematuramente para trabalhar (SCHWARTZMAN; COSSIO, 2007), dificultando que esse assunto seja trabalhado em profundidade pelos professores.

Nas próximas seções apresentamos os resultados das análises, primeiramente sob a ótica das relações CTSA em ambos os livros; depois, do ponto de vista da HC em ambos os livros. Ao longo da análise fazemos comentários sobre questões que poderiam ter sido mais exploradas pelos livros didáticos avaliados.

Resultados referentes à análise das relações CTSA e discussão LD1

Começando pelo LD1, percebemos que esta coleção apresentou aspectos relacionados à CTSA apenas no último volume. No terceiro volume, observamos que, mesmo antes de iniciar a Unidade 4 – Física Moderna, os autores destinam 5 páginas para trabalhar o conceito de laser. Entre os comentários técnicos do seu funcionamento e suas aplicações, não notamos como os autores exploram esta tecnologia que, de fato, tem um fator cultural e social interessante. Por exemplo, as músicas e shows eletrônicos tiveram seu ponto de entrada com a tecnologia CD e Blu-rays, permitindo uma modificação e complexificação de toda esta cultura digital e acarretando problemas de saúde que antes não tínhamos, como o uso excessivo de fones de ouvido para se escutar músicas (LEMOS; MARTINS, 2014).

Mais adiante, um exemplo de relações CTSA exposta pelo LD1 é quando estes trabalham a energia do Sol. Nesta parte do livro, é apresentado um texto que explica o que são e como funcionam as células e coletores solares assim como os aparelhos eletrônicos nas quais estes podem ser encontrados. Notamos que apresentam duas perguntas ao fim do texto que fazem o estudante refletir por que o Brasil não possui mais usinas solares. É dada relativa abertura e embasamento para a discussão a respeito de uma matriz energética que funciona a partir de reatores nucleares ou por energia limpa proveniente do Sol.

Entendemos que, com a ajuda do texto e principalmente do professor, poderiam ser trabalhadas relações CTSA neste momento. Por exemplo, acreditamos

que implementar ou alterar matrizes energéticas para uma solução imediata pode, mais tarde, gerar problemas de outras esferas como a social e ambiental. Também pode ser facilmente extrapolado para além da energia solar, indo para o caso da construção da usina hidrelétrica de Belo Monte, na região Norte do país. Ribeirinhos, indígenas e a população local denunciam impactos ambientais e impossibilidade de continuar a pesca de subsistência no rio Xingu, entre outros fatores que circundam as relações dinâmicas entre ciência, mercado econômico, sociedade e ambiente tal como nos mostra Santos et al. (2012).

Outro exemplo abordado pelos autores do LD1 no volume 3 é quando eles tratam a usina nuclear e o lixo atômico. Os autores deixam explícito que o lixo atômico não possui um destino final. Estes são mantidos em tambores próprios e estocados dentro de armazéns considerados provisórios, sendo que graves acidentes podem ocorrer por ignorância ou descaso para com essas informações. Contudo, os autores não comentam que há 30 anos, em 1987, em Goiânia, dois jovens catadores de materiais recicláveis se depararam com um aparelho de radioterapia abandonado em um prédio público. Eles levaram para a casa este aparelho, pois queriam retirar o chumbo e o metal que compunham a máquina para, posteriormente, revender. Contudo, no aparelho havia uma fonte de material radioativo, uma cápsula contendo Césio-137. O desfecho da história foi a contaminação em massa, deixando mais de 6 mil pessoas afetadas e, pelo menos, 60 mortes (OKUNO, 2013). Desse modo, é razoável ponderar que se debates como estes possam acontecer durante o ensino básico, a população estaria mais bem conscientizada de suas problemáticas e riscos, diminuindo as chances de futuros desastres semelhantes. O quadro 1 abaixo sumariza os resultados aqui discutidos.

Quadro 1: conteúdos da FMC que são apresentados a partir das relações CTSA no LD1

Volume 1	Volume 2	Volume 3
Não encontrado.	Não encontrado.	Radioatividade (usina nuclear, lixo atômico, bomba atômica).

Fonte: os autores

Resultados referentes à análise das relações CTSA e discussão LD2

Dando prosseguimento, apresentaremos a análise da coleção que corresponde aos volumes do LD2. O primeiro volume apresenta um único ponto que se destacou na análise. É apresentado um texto, mostrando como uma pessoa do século XVI pensava o Cosmo. Nessa passagem, fica evidente o poder da crença

religiosa, de Deus e suas criaturas divinas, para descrever o céu noturno. Ou seja, possuir uma visão para o Cosmo estava estritamente ligado mais a uma questão de fé do que científica. De certo modo, esse tipo de associação também é encontrado no século XXI. Explorar como a sociedade se organiza e se organizou em função de uma concepção de mundo é um dos alvos dessa atividade proposta pelo LD2. Interpretar e entender o Universo vai para além de uma interpretação de algo exterior a nós; seu entendimento, observação e estudo podem estar diretamente ligados às crenças das pessoas e das organizações sociais presentes.

Já no volume 2, temos o efeito fotoelétrico desenvolvido por Einstein e o modelo atômico de Bohr. Através de uma explicação conceitual interessante e detalhada, o texto tenta elucidar a interpretação corpuscular da luz. Embora não estejam explícitos outros experimentos que mostrassem o caráter ondulatório da luz, os autores pontuam que, hoje em dia, admite-se uma teoria que concilia os dois aspectos da luz, tanto onda como partícula. Ao fim do texto, a última das cinco questões apresentadas aos estudantes questiona o caráter da natureza da luz. Semelhante aos outros aspectos anteriormente destacados, tanto pelo LD1 quanto pelo LD2, vemos que os autores, ao explicitarem esse questionamento do caráter da luz, dão espaço para a criação de um debate em torno das hipóteses da luz como onda ou como partícula.

Pensamos que os autores poderiam indicar ao professor este momento para explorar, em linhas gerais, a produção científica atual e em que consistem as diversas etapas elencadas no processo de construção do conhecimento científico. Seria oportuno que os alunos experimentassem, entre outros fatores, a elaboração de hipóteses, a validação dessas através de experimentos práticos, apresentação e defesa dos argumentos bem como dos fundamentos teóricos que dão base à hipótese escolhida. Assim, acreditamos que a questão da dualidade onda-partícula da luz é um ótimo tema para trabalhar a natureza da ciência como constructo histórico-social, visto que é um debate de outrora e que até hoje traz implicações conceituais polêmicas. A realidade da luz em sua plenitude de características passa a depender do homem, do observador, do experimento, sendo assim uma aliada para a reflexão sobre os fatores sociais e culturais e como estes podem influenciar a forma de ver e compreender a natureza.

Finalmente, o volume 3 da coleção LD2 vai apresentar mais alguns pontos referentes à CTSA. Ao introduzir o conceito de supercondutividade, os autores expõem os entraves à pesquisa deste fenômeno em vista das dificuldades experimentais. Ao longo do texto, vemos que as aplicações tecnológicas desse estudo não eram tão promissoras devido ao fato da necessidade de operação em baixíssimas temperaturas. Durante anos, a pesquisa, o incentivo e a motivação dos cientistas e engenheiros da área permaneceram em baixa, até que em 1986 foram descobertas cerâmicas supercondutoras, nas quais apresentavam supercondutividade a temperaturas por volta de 90K.

Com a apresentação do tema a partir desse texto, pensamos ser possível utilizar o material apresentado para explorar a relação entre economia e financiamento de pesquisa. Por exemplo, é evidente que materiais supercondutores podem trazer muitos avanços, tal como o trem Maglev, que opera em Xangai desde 2010. Contudo, vemos que seu avanço foi – e ainda é – razoavelmente lento em comparação às outras áreas, a exemplo da medicina e computação. Desse modo, julgamos o material textual supracitado interessante para tecer análises e relacionar, juntamente com os estudantes, os prós e contras de um investimento tecnológico, econômico e científico quando as esperanças de retornos para a sociedade não são imediatas.

Já no capítulo 5, destinado exclusivamente à FMC, vemos a presença da temática da radioatividade e da radioterapia. Os autores mencionam explicitamente as aplicações desta tecnologia sobre a produção de bombas atômicas e, também, sobre a produção de energia através de reatores nucleares. Acreditamos que o conjunto desses textos, se trabalhados com auxílio do professor em sala de aula, pode trazer à tona relações CTSA.

Em nossa perspectiva, o livro didático poderia indicar que conhecimento e estudo dos potenciais positivos e negativos da manipulação da radioatividade podem ser explorados pelos estudantes. Também a radiação solar e até mesmo o bronzeamento artificial feito por clínicas estéticas. Diversos autores apontam para o perigo da exposição solar prolongada e sem proteção, o que pode resultar no câncer de pele, na qual é a neoplasia de maior incidência no Brasil (SOUZA; FISCHER; SOUZA, 2004; CASTILHO; SOUSA; LEITE, 2010). A conscientização da prática do banho de sol deve ser explorada por um livro didático que preze por uma reflexão crítica do conhecimento científico. Sua informação é de utilidade ímpar e possui alto valor para a saúde pública.

Quadro 2 – conteúdos da FMC que são apresentados a partir das CTSA no LD2

Volume 1	Volume 2	Volume 3
Interpretação do Universo.	Teoria quântica da luz.	Supercondutividade e Radioatividade.

Fonte: os autores

A partir dos dados apresentados nesta seção e resumidos nos quadros 1 e 2, podemos dizer que ambos os livros trabalham pouco a FMC sob a ótica das relações CTSA. Em particular, destaca-se que o volume 2 do LD1 não apresenta nenhuma relação da FMC com a CTSA, embora os autores tivessem a oportunidade. Neste volume são trabalhadas questões relacionadas ao universo e o caráter dual da luz, sendo o último do ponto de vista clássico. Ambos os livros se preocupam em

mostrar o lado obscuro e negativo da utilização da ciência atômica para fins bélicos, culminando em verdadeiras catástrofes planejadas. Entre as temáticas semelhantes, temos a relatividade restrita, energia atômica e radioatividade. Das temáticas particulares de cada livro, temos energia solar para o LD1 e supercondutividade, teoria quântica da luz e definição do universo para o LD2.

Pontuamos, também, que muitas temáticas apresentadas ao longo das obras permitem abertura para discussão das abordagens CTSA, mas mesmo assim foram deixadas apenas de maneira conceitualmente científica. É importante ressaltar que, na maioria das temáticas apresentadas por ambos os livros, as relações entre os conteúdos de FMC e CTSA não ficam explícitas. Desse modo, é deixado a cargo do professor criar e promover as discussões que envolvam CTSA. Foram poucas as vezes em que perguntas no próprio livro pudessem permitir uma abertura para uma discussão mais ampla.

Resultados referentes aos aspectos da HC e discussão para LD1

Começando pelo LD1, não encontramos no primeiro volume temas da FMC que tenham sido apresentados tendo em vista a HC. No segundo volume os autores apresentam um texto sobre a natureza da luz. Atentando-nos somente à parte histórica, notamos no texto a atribuição exclusiva a Einstein sobre a explicação para o efeito fotoelétrico, não sendo mencionados os trabalhos experimentais de Hertz, Lenard e Millikan e os graves problemas conceituais que fundamentaram a teoria eletromagnética clássica vigente. Os autores voltariam a trabalhar o efeito fotoelétrico somente no volume 3, onde esmiúçam o longo trabalho experimental que circundou o fenômeno do efeito fotoelétrico. Nesse momento são citados outros físicos além de Einstein e como esses contribuíram para a compreensão desse fenômeno físico. Assim, tendo em vista o volume 2 e 3 da coleção, podemos dizer que o efeito fotoelétrico foi em certo sentido apresentado sob uma ótica da HC.

O volume 2 encerra-se, apresentando um pequeno texto sobre o efeito Doppler e o universo em expansão. No texto os autores somente pontuam a observação realizada por Edwin Hubble em 1924 sobre o desvio para o vermelho das galáxias e que, a partir dessas observações, surgiu a expressão “universo em expansão”. Novamente, nós notamos uma simplicidade no tratamento do tema. Além disso, durante o período de 1917 a 1930, a aceitação geral da comunidade científica era a do universo estático e a questão circundava a respeito de qual modelo de universo estático deveria ser adotado, tal como discutido em Rocha (2009). Os trabalhos de Friedmann (1888-1925) e Lemaître (1894-1966) a respeito da resolução

das equações de Einstein – que indicavam um universo não estático – foram colocados à deriva, somente redescobertos em 1930, quando Hubble estabeleceu a relação entre a magnitude aparente das estrelas e galáxias e o desvio para o vermelho.

Pensamos que os autores do LD1, em seu texto, passam a ideia de que a descoberta do desvio para o vermelho das galáxias, aliado ao efeito Doppler, levam incontestavelmente à conclusão de um universo em expansão, o que pode cair em uma delicada tese atribuída à sociologia do conhecimento científico conhecida como “tese da subdeterminação das teorias pelos dados” (ROCHA, 2009, p. 66) na qual se afirma que sempre há chances de outras teorias apresentarem explicações para o mesmo conjunto de dados coletados. Contudo, ao final do texto, os autores apresentam 3 questões, sendo que o texto da terceira questão mostra que, embora a teoria mais aceita hoje seja a do Big Bang, esta possui um defeito grave: a falta de matéria no Universo, o que implicaria uma substituição do sistema cosmológico ou coleta de novas informações.

Acreditamos que, com essas questões, os autores tentam passar a concepção de contínua renovação da Ciência, na qual a sua história é constantemente construída e desconstruída a partir de, entre outros fatores, modelos teóricos vigentes. Adicionalmente, os autores retomam a questão da expansão do universo e do Big Bang no próximo volume, proporcionando uma visão mais ampla do debate que aconteceu ao longo do século XX até a descoberta da radiação cósmica de fundo em 1965. Neste texto, vemos uma maior preocupação por parte dos autores em apresentar o sinuoso caminho traçado pela cosmologia até os dias atuais.

No terceiro volume da coleção do LD1, os autores trabalham a questão da dualidade onda-partícula. Nessas páginas, é oferecido um pouco mais de detalhamento em relação ao comportamento dual da luz – se compararmos ao mesmo tópico no volume 2. Contudo, há ainda uma simplificação da questão da radiação e da matéria apresentarem um comportamento dual ao depender do aparato experimental.

Desse modo, entendemos que não é proposta uma problematização por parte dos autores a respeito da natureza dos objetos quânticos e suas relações históricas e filosóficas. Embora a questão tenha sido melhor apresentada, os autores deixaram uma ótima oportunidade de trabalhar relações ligadas à história e filosofia da ciência. Existem dezenas de diferentes interpretações para os fenômenos quânticos e Pessoa Jr. (2003) nos mostra como a convicção individual e uma visão de mundo particular ou de uma comunidade se refletem em diferentes interpretações quânticas da matéria e das radiações.

Na unidade destinada exclusivamente à FMC, o primeiro tópico abordado é a teoria da relatividade restrita, no Capítulo 11, onde os autores se preocupam em apresentar as principais consequências da teoria da relatividade restrita. No texto é

possível notar a presença dos diversos físicos que deram contribuições para chegar à teoria da relatividade restrita, assim como físicos que se empenharam em validá-la através de experimentos. Também, vemos presença de detalhes em torno da existência ou não do éter – suposto meio fluido rarefeito sem viscosidade e que preencheria todo o espaço. Os autores também apresentam um texto sobre a missão científica em Sobral, Brasil. Nesse texto, é relatada a história desta missão para testar a teoria de Einstein. Depois de diversos contratemplos como tempestades e chuva torrencial e na regulagem do telescópio, os cientistas conseguiram obter as fotografias que precisavam do céu noturno, tornando-se mais um indício a favor da teoria proposta por Einstein.

No capítulo seguinte, é abordada a física quântica. Os autores intercalam conceitos teóricos, a questão motivadora e o impasse experimental que antecederam a quantização da energia. Julgamos que os autores tentaram imprimir uma visão problemática, contextualizada e não individualista da Ciência daquele momento. Por exemplo, quando mencionam que o raciocínio de Planck para quantização da energia foi um ato de desespero, pois a questão – da catástrofe do ultravioleta – precisa ser resolvida, tendem a uma interpretação não empírico-indutivista, na qual a atividade científica parece reduzir-se à experimentação em busca de uma solução ou descobrimento oportuno devido à observação.

O tópico que consiste no 13º e último capítulo do volume 3 do LD1 é o da radioatividade. Sobre este tema, notamos que os autores começam intitulado a seção de ‘considerações históricas’, mas dão pouca ênfase à historicidade da radioatividade. Indo além, o fazem de maneira factual, destacando datas e personagens pontuais e homens, mesmo quando se têm Marie Salomea Sklodowska (1867-1934), mais conhecida como Marie Curie, que trabalhou tão brilhantemente quanto os outros cientistas. Em nenhuma parte dos cinco pequenos parágrafos, os autores, ao citarem Marie Curie, sequer comentam que ela foi a primeira mulher a ganhar o prêmio Nobel e a única cientista, entre homens e mulheres, a ganhar dois prêmios Nobel em duas diferentes áreas da ciência. Além disso, os autores também deixam de comentar que, ainda no campo da radioatividade, Irène Joliot-Curie (1897-1956), a filha mais velha do casal Curie, ganhou o segundo prêmio Nobel concedido a uma mulher, tal como nos conta Cordeiro e Peduzzi (2010). Por conta disso, nós sugerimos que uma discussão a respeito do papel da cientista mulher seja importante para não reforçar o estereótipo de gênero dentro da ciência.

Quadro 3: conteúdos da FMC que consideraram aspectos característicos da HC no LD1.

Volume 1	Volume 2	Volume 3
Não encontrado	Efeito fotoelétrico* Dualidade onda-partícula* Interpretação do modelo do Universo*	Efeito fotoelétrico* Dualidade onda-partícula* Interpretação do modelo do Universo* Teoria da relatividade restrita e início da física quântica

Fonte: os autores. Itens marcados com * significam que esses se enquadram na categoria se considerarmos o conjunto dos dois volumes.

Resultados referentes aos aspectos da HC e discussão para LD2

Não encontramos conteúdos de FMC que trabalhassem explicitamente aspectos da HC no primeiro volume. No segundo volume da obra, vemos um texto que aborda a teoria quântica de luz. Os únicos personagens mencionados no texto foram Einstein e Bohr, sendo que ambos desenvolveram seus trabalhos baseados na tese de *quantum* introduzida por Planck. A descrição do efeito fotoelétrico apresentado pelos autores não menciona os trabalhos experimentais de Hertz, Lenard, Millikan, entre outros. Ao mencionar o modelo atômico de Bohr, os autores também não comentam os modelos atômicos anteriores de J.J.Thomson (1856-1940) e Ernest Rutherford (1871-1937), de forma a trabalhar as mudanças conceituais e de interpretações da natureza do átomo no decorrer desse processo. Nesse sentido, não há nenhuma menção com relação à aparente bizarrice apresentada por Bohr em seus postulados e nem sobre a sua aceitação pela comunidade científica da época. A aceitação desse modelo aconteceu devido ao fato que as consequências do modelo de Bohr resolviam, em parte, os mistérios que o modelo atômico de Rutherford havia deixado em aberto tal como o espectro atômico e estabilidade da matéria.

No volume 3 aborda-se o fenômeno da supercondutividade. Em diversas passagens do texto, há apontamentos sobre o interessante processo histórico que circundou essa temática. Os autores apresentam o trabalho conjunto de diversos físicos que colaboraram com o pioneirismo da supercondutividade. Notamos que o texto dos autores tenta mostrar como a pouca ou quase nenhuma aplicação tecnológica das descobertas provenientes do estudo da supercondutividade fizeram com que muitos pesquisadores a abandonassem, situação que só se reverteria no fim da década de 80. Nós vemos que há uma preocupação, por parte dos autores, em humanizar a ciência, aproximando-a dos interesses pessoais e políticos de uma comunidade, além do esforço conjunto de diversos pesquisadores em prol de um melhor entendimento de questões experimentais.

Com isso, temos o último capítulo do volume 3, que tratará unicamente tópicos de física moderna. O capítulo inicia-se apresentando como a FMC revolucionou a maneira como compreendemos o mundo físico. Para isso, os autores introduzem o pensamento e filosofia de Thomas Kuhn (1922-1996) no qual são citados os paradigmas. Dessa maneira, os autores embasam, sob o olhar de Kuhn, como e por que as transformações geradas pela física moderna foram – e são – tão surpreendentes ao desafiarem nossa capacidade de interpretação do mundo natural, muitas vezes presentes no nosso dia a dia.

Sobre o surgimento da física quântica, os autores apresentam sem muitos detalhes que este novo ramo da física surgiu devido a entraves sobre o entendimento da radiação de corpo negro. Contudo, nós consideramos que não foi dada a devida

atenção aos problemas que a física clássica encontrou, pois os autores não mencionaram explicitamente a catástrofe do ultravioleta e nem a estranha estabilidade do átomo de hidrogênio. Não há menção clara, por parte dos autores do LD2, que o surgimento e avanços na física quântica foram frutos regados a debates, entraves teóricos e controvérsias dentro da comunidade científica da época.

Prosseguindo, temos o início da seção radioatividade onde os autores escrevem que, em 1896, o físico francês Henri Becquerel descobriu a radiação emitida pelo urânio. Infelizmente essa é uma ideia disseminada no senso comum e que os autores perpetuaram a individualização da ciência e o triunfo da experimentação e descobertas em laboratório. Não há menção a outros importantes trabalhos anteriores que foram de suma importância para Becquerel, bem como menção a outros físicos tais como Wilhelm Roentgen e Charles Henry que propiciaram a base teórica na qual Becquerel se apoiou para o prosseguimento dos seus estudos. Martins (1990) aponta, a partir de relatos e estudos históricos, o tortuoso caminho que levou à descoberta da radioatividade. Esse episódio histórico é particularmente interessante, pois Becquerel inicialmente não reconhece em seu estudo nada de realmente novo. Também que “ou existiram efeitos que não podem ser explicados por nossos conhecimentos, ou Becquerel se enganou em suas observações – e, neste caso, pode ter sido introduzido por suas expectativas teóricas a fenômenos inexistentes” (MARTINS, 1990, p.37).

Ou seja, vemos aqui uma oportunidade de trabalhar a HC em um episódio instrutivo que exemplifica como as próprias observações características do saber científico e as expectativas teóricas são ligadas tão estreitamente que sua análise individual não poderia separá-las sem mutilá-las.

Quadro 4: conteúdos da FMC que consideraram aspectos característicos da HC no LD2

Volume 1	Volume 2	Volume 3
Não encontrado	Não encontrado	Supercondutividade

Fonte: os autores

A partir dos dados apresentados nesta seção e resumidos nos quadros 3 e 4, não podemos dizer que os livros avaliados trabalham a FMC a partir de uma perspectiva da HC. Entretanto, podemos destacar alguns pontos relevantes. Como vimos, o LD1 embora trate aspectos da construção histórica do conhecimento científico de alguns conteúdos, este o faz de maneira espaçada. Em seu volume 2 vemos que os autores trabalharam com algumas temáticas da FMC como, por exemplo, o efeito fotoelétrico; contudo apenas analisando em conjunto com o volume 3, podemos inferir que a temática foi apresentada a partir da HC.

Entendemos que essa escolha organizacional pode ser prejudicial para o desenvolvimento, discussão e aprendizagem. Os estudantes precisam esperar um ano letivo inteiro para que vejam novamente as temáticas da FMC, entre as quais o efeito fotoelétrico, a dualidade onda-partícula e expansão do universo, e Big Bang. Em contrapartida, o LD2 deixa apenas para o último volume da coleção, em suas últimas páginas, o trabalho de propor discussões e reflexões para os alunos referentes à construção humana da ciência. Em tempo, pontuamos que a maior parte do texto relacionado à HC não estava no texto principal, mas nas páginas iniciais dos volumes 1 e 3, ou em seções a parte do texto principal. De maneira geral, notamos em ambos os livros a falta de uma abordagem sobre controvérsias científicas, apresentação dos debates e rupturas próprias da ciência.

Considerações finais

Na literatura especializada é consensual a importância de se abordar temas relacionados com a FMC no ensino médio. Ambas as coleções investigadas seguiram as orientações do guia do livro didático de apresentarem conteúdos relacionados à FMC. Entretanto, vemos que a proporção desta temática é muito inferior quando comparada a temáticas da física clássica. Também, percebemos que ambas as coleções deixam para explorar a FMC apenas no último volume de suas obras. O receio desta escolha é que muitas vezes este conteúdo não chega a ser trabalhado em sala de aula.

Ambos os livros tentaram contextualizar os temas que apresentaram, mas os autores demonstram dificuldade em realizá-lo através da interdisciplinaridade, da discussão de conflitos sociais ou de uma perspectiva histórica. Grande parte do texto principal avaliado apenas introduziu conceitos teóricos. Tentamos, ao longo desse artigo, apresentar algumas situações que poderiam ter sido utilizadas para trabalhar tanto a CTSA quanto a HC no momento de introduzir os tópicos da física atual. Por meio das análises realizadas, percebemos que os livros didáticos avaliados pouco explicitam os aspectos culturais, sociais ou históricos relativos ao tema da FMC. Quando o fazem, é de maneira superficial a ponto de necessitar que o professor esteja bem preparado para aproveitar os ganchos deixados pelos autores nos textos.

Este trabalho contribui no sentido de informar aos professores que desejam trabalhar os avanços mais recentes da Física a partir de relações CTSA ou HC que eles devem se preparar e procurar subsídios em outros recursos pedagógicos além do livro didático. Elaboramos algumas sugestões e apontamentos ao longo desse texto que poderiam ser levados em consideração quando autores e professores almejam um enfoque específico dentro da FMC. Por fim, é imprescindível reiterar a

importância de uma formação crítica em educação científica e que devem ser levados em consideração aspectos que vão além da utilização de fórmulas prontas, reprodução de conceitos científicos ou memorização de nomenclaturas.

Referências

ALVETTI, M. A. S. **Ensino de Física moderna e contemporânea e a Revista Ciência Hoje**. Dissertação Mestrado em Educação – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1999.

ARAUJO, I. S.; VEIT, E. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos a tecnologias computacionais no ensino de Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 4, n. 3, p. 5-18. 2004.

BARRAGÁN, P.; MORTIMER, E.F.; LEAL, A. Avaliação preliminar sobre o conceito de radiação e algumas de suas tecnologias: ideias informais de estudantes do Ensino Médio. **VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências**, 2007.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN, S. K. **Qualitative research for education: An introduction to theories and models**. Foundations of Qualitative research for Education. Boston: Allyn & Bacon. 1992.

BONJORNO, CASEMIRO, CLINTON, e PRADO, E. **Física**. São Paulo. FTD. 2016.

BRASIL. **Parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias**. Brasília: Ministério da Educação e Cultura. 2000.

BRASIL, Ministério da Educação e Cultura. **Guia de Livros Didáticos PNLD 2012: apresentação**. Brasília: Ministério da Educação e Cultura. 2011.

BRASIL. Ministério da Educação. **Guia de Livros Didáticos PNLD 2017: Física**. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica. 2017.

CASTILHO, I. G.; SOUSA, M. A. A., e LEITE, R. M. S. Fotoexposição e fatores de risco para câncer da pele: uma avaliação de hábitos e conhecimentos entre estudantes universitários. **Anais Brasileiros de Dermatologia**, v. 85 n. 2, p.173-178. 2010.

CAVALCANTE, M. A. O Ensino de uma Nova Física e o Exercício da Cidadania. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 21, n.4, p. 550-551. 1999.

CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C. Uma oficina de física moderna que vise a sua inserção no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 21, p. 372-389. 2004.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. As Conferências Nobel de Marie e Pierre Curie: a gênese da radioatividade no ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 473-514. 2010.

- CHAVES, A. L.; FARIAS, M. E. Meio ambiente, escola e a formação dos professores. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1. 2005.
- DOMINGUINI, L. Física moderna no Ensino Médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 34, n. 2. 2012.
- DUARTE, N. **Os conteúdos escolares e a ressurreição dos mortos**: contribuição à teoria histórico-crítica do currículo. Campinas: Autores Associados, 2016.
- FEITOSA, R. A; DIAS, A. M. I. **Ensino, Currículo(s) e Formação Docente**: Mandala(s) como expressão da omnilateralidade e das ciências. Jundiaí: Paco Editorial, 2015.
- FORATO, T. C. M.; MARTINS, R. A.; PIETROCOLA, M. Enfrentando obstáculos na transposição didática da história da ciência para a sala de aula. In: PEDUZZI, L. O.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. (Org.) **Temas de história e filosofia da ciência no ensino**. Natal: EDUFRN. 2012. 372p.
- GARCIA, L. V. D. S. **A Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio**: Caminhos para a sala de aula. Tese (Doutorado) – Interunidades, Universidade de São Paulo, 2009.
- GARCIA, N. M. D. Livro didático de Física e de Ciências: contribuições das pesquisas para a transformação do ensino. **Educar em Revista**, v. 28 n. 44, p. 145-163. 2012.
- GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. **Física**: interação e tecnologia. 2. ed. São Paulo: Leya, 2016.
- HOEPFL, M. C. Choosing qualitative research: A primer for technology education researchers. **Journal of Technology Education**, v. 9, n. 1, p. 47-63, 1997
- JENKINS, E.W. History of Science in schools: retrospect and prospect in the U.K. **International Journal of Science Education**, v.12, n.3, p.274-281. 1990.
- LEMOS G. C.; MARTINS, D. F. A. Achados audiológicos em jovens usuários de fones de ouvido. **Revista CEFAC**, v. 16, n. 4. 2014.
- MACEDO, C. C.; SILVA, L. F. Contextualização e visões de ciência e tecnologia nos livros didáticos de Física aprovados pelo PNLEM. **Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 3, n. 3, p. 01-23. 2010.
- MANTOVANI, K. P. **O Programa Nacional do Livro Didático-PNLD: impactos na qualidade do ensino público**. Dissertação (Mestrado em Educação) – USP, 2009.
- MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência no ensino: Há muitas pedras nesse caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131. 2008.
- MARTINS, L. A. C. P. A história da ciência e o ensino da biologia. **Ciência & Ensino**, v.3, n. 2, 2006.
- MARTINS, R. V. Como Becquerel não descobriu a radioatividade. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 7, p. 27-45. 1990.

- MATTOS, C. R. Livro didático na atividade educacional: a parte ou o todo?. Em: N. M. D. Garcia; M. A. Auth; E. K. T. (Org.) **Enfrentamentos do ensino de física na sociedade contemporânea**. São Paulo: LF Editorial. 2016. p.103-120.
- NARDI, R. Memórias da educação em ciências no Brasil: a pesquisa em ensino de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 1, p. 63-101, 2005.
- NICIOLI JUNIOR, R.B.; MATTOS, C.R. As diferentes abordagens do conteúdo de Cinemática nos livros didáticos do ensino de Ciências brasileiro (1810-1930). **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 7, p. 199-225, 2008.
- NICIOLI JUNIOR, R.B.; MATTOS, C.R. História e memória do ensino de física no Brasil: a faculdade de medicina de São Paulo (1913-1943). **Ciência e Educação**, v.18, p. 851-873, 2012.
- OKUNO, E. Efeitos biológicos das radiações ionizantes: acidente radiológico de Goiânia. **Estudos avançados**, v. 27, n. 77, p. 185-200. 2013.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Tópicos de Física Contemporânea na Escola Média Brasileira: Um estudo com a Técnica Delphi. In: **VI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física**, 1998, Florianópolis – SC. Anais [...]. Florianópolis, 1998.
- OSTERMANN, F. **Tópicos de Física Moderna e Contemporânea em Escolas de Nível Médio e na formação de Professores**. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Física, UFRGS, 2000.
- OSTERMANN, F. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física moderna e contemporânea no ensino médio”. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, 2000.
- PESSOA Jr., O. **Conceitos de Física Quântica** 1. ed. São Paulo: Livraria da Física, 2003
- PINTO, G.T.; MARQUES, D.M. Uma proposta didática na utilização da história da ciência para a primeira série do Ensino Médio: a radioatividade e o cotidiano. **História da ciência e ensino: Construindo interfaces**, v. 1, p. 27-57. 2010.
- ROCHA, G. R. Controvérsias Científicas: o caso do modelo padrão da cosmologia. **Caderno de física da UEMS**, v. 7, n. 1, p. 65-85. 2009.
- SANTOS, T.; SANTOS, L.; ALBUQUERQUE, R., e CORRÊA, E. Belo Monte: Impactos sociais, ambientais, econômicos e políticos. **Tendências**, v. 13, n. 2, p. 214-227. 2012.
- SCHWARTZMAN, S.; COSSIO, M. B. Juventude, educação e emprego no Brasil. **Cadernos Adenauer-Geração Futuro**, v. 7, n. 2, p. 51-65. 2007.
- SOUSA, W. B.; PIETROCOLA, M., e Ueta, N. **Física das radiações: uma proposta para o ensino médio**. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) – Interunidades, Universidade de São Paulo, 2007.
- SOUZA, S. R.; FISCHER, F. M., e de Souza, J. M. Bronzeamento e risco de melanoma cutâneo: revisão da literatura. **Revista de Saúde Pública**, v. 38, n. 4, p. 588-598. 2004.
- STRAUSS, A.; CORBIN, J. **Basics of qualitative research: grounded theory procedures and techniques**. California: Sage Publications, 1990.

TERRAZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p. 209-214. 1992.

VALADRAES, E. C.; MOREIRA, A. M. Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 15, n. 2, p. 121-135. 1998.

VITAL, A.; GUERRA, A. A natureza da ciência no ensino de Física: estratégias didáticas elaboradas por professores egressos do mestrado profissional. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 31, n. 2, p. 225-257. 2014.

Sobre os autores:

Daniel Trugillo Martins Fontes é licenciado em Física pela Universidade de São Paulo (2018). Mestrando do Programa Interunidades em Ensino de Ciências, área de concentração Física (PIEC/USP). Integra o Grupo de Pesquisa em Educação em Ciências e Complexidade (ECCo) e o grupo de Divulgação Científica Via Saber.

André Machado Rodrigues é professor do Instituto de Física da Universidade de São Paulo no departamento de Física Experimental (Instituto de Física da Universidade de São Paulo). Possui pelo Programa Interunidades em Ensino de Ciências (modalidade Física) da Universidade de São Paulo. Realizou estágio sandwiche na Universidade de Helsinque (Finlândia). Integro o Grupo de Pesquisa em Educação em Ciências e Complexidade (ECCo).

Recebido em 05/08/2019

Aceito para publicação em 12/10/2019