

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a) o texto completo desta Dissertação será disponibilizado somente a partir de 27/08/2026.



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Ciências – Campus de Bauru
Programa de Pós Graduação em Educação para a Ciência

Alvaro Cesar da Silva Junior

A responsabilidade social dos cientistas: uma análise acerca das discussões sobre o Projeto Manhattan em manuais escolares de física

Bauru

2023



UNESP - Universidade Estadual Paulista
“Júlio de Mesquita Filho”
Faculdade de Ciências – Campus de Bauru
Programa de Pós Graduação em Educação para a Ciência

Alvaro Cesar da Silva Junior

A responsabilidade social dos cientistas: uma análise acerca das discussões sobre o Projeto Manhattan em manuais escolares de física

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus de Bauru, como um dos requisitos para a obtenção do título de Mestre em Educação para a Ciência – Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Leandro Londero da Silva

Bauru

2023

Da Silva Junior, Alvaro Cesar.

A responsabilidade social dos cientistas: uma análise acerca das discussões sobre o Projeto Manhattan em manuais escolares de física / Alvaro Cesar da Silva Junior. -- Bauru, 2023.

220 p.

Orientador: Leandro Londero da Silva

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista (Unesp). Faculdade de Ciências, Bauru, 2023.

1. Projeto Manhattan. 2. Responsabilidades Sociais dos cientistas. 3. PNLD. 4. Ensino de física. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. II. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE ALVARO CESAR DA SILVA JUNIOR, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CÂMPUS DE BAURU.

Aos 24 dias do mês de agosto do ano de 2023, às 14:00 horas, no(a) Unesp - Campus São José do Rio Preto, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de ALVARO CESAR DA SILVA JUNIOR, intitulada **A responsabilidade social dos cientistas: uma análise acerca das discussões sobre o Projeto Manhattan em manuais escolares de física**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Assoc. LEANDRO LONDERO DA SILVA (Orientador(a) - Participação Presencial) do(a) Departamento de Educação / Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas - UNESP São José do Rio Preto, Prof. Dr. CRISTIANO RODRIGUES DE MATTOS (Participação Presencial) do(a) Departamento de Física Aplicada / Universidade de São Paulo, Prof. Dr. EDUARDO ADOLFO TERRAZZAN (Participação Presencial) do(a) Departamento de Educação / Universidade Federal de Santa Maria. Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, o discente recebeu o conceito final APROVADO. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Documento assinado digitalmente

 **LEANDRO LONDERO DA SILVA**
Data: 28/09/2023 15:42:55-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Assoc. LEANDRO LONDERO DA SILVA

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por todo apoio, carinho e companhia durante o desenvolvimento da pesquisa, e por fornecerem as bases necessárias que me possibilitaram chegar até aqui.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Leandro Londero, pelos ensinamentos acerca da pesquisa em ensino de física, e também pelas inúmeras discussões e contribuições ao tema de minha pesquisa.

Aos membros do grupo de pesquisa “Susana Lehrer de Souza Barros”, pelas inúmeras trocas de ideias, que me deram motivação e me mostraram novos modos de pensar a prática científica.

Aos professores Dr. Cristiano Rodrigues De Mattos e Dr. Eduardo Adolfo Terrazzan, por terem aceito participar da banca de qualificação e defesa do trabalho.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) - Código de Financiamento: 88887.622603/2021-00

RESUMO

Por muito tempo a prática científica foi compreendida como uma atividade neutra, voltada exclusivamente à produção de novos conhecimentos, entretanto, com as transformações sociais causadas pelo desenvolvimento tecnológico e com estudos acerca da natureza da ciência, tal concepção se mostrou equivocada, de modo que a pesquisa científica passou a ser reconhecida como uma prática social, influenciada por fatores externos que definem os fins e o modo como a ciência é realizada. Com o aprofundamento das contradições sociais através do desenvolvimento de tecnologias bélicas, surgiram trabalhos que argumentaram a favor de uma prática científica socialmente responsável, capaz de refletir sobre suas consequências e com objetivo de atender a demandas sociais, tais discussões formaram o conceito de Responsabilidade Social dos Cientistas. Consideramos que trabalhar estas responsabilidades no ensino permite discutir aspectos diversos relacionados à natureza da ciência. Para tanto, entendemos que abordagens acerca da história e filosofia da ciência, como a análise de episódios históricos, contribuam para este objetivo. Selecionamos o episódio conhecido como “Projeto Manhattan”, que corresponde a pesquisas com objetivo de produzir as armas nucleares lançadas nas cidades de Hiroshima e Nagasaki, modificando a estrutura geopolítica na segunda metade do século XX. Assim, buscamos refletir acerca da apresentação das Responsabilidades Sociais dos Cientistas em manuais escolares destinados ao ensino de Ciências/Física, especificamente ao abordar conteúdos relacionados ao “Projeto Manhattan”. Para isso, avaliamos o modo como as coleções didáticas de física, pertencentes ao Programa Nacional do Livro e do Material Didático, trabalharam o episódio, de modo a evidenciar possibilidades para discussões sobre as responsabilidades sociais dos cientistas através do material. A análise foi realizada a partir das diferentes dimensões das responsabilidades sociais: a responsabilidade de refletir acerca das consequências da pesquisa, a responsabilidade de buscar produzir ciência com relevância social e a responsabilidade de comunicar e aconselhar o público e os governos. Encontramos que todas as dezenove coleções apresentaram trechos voltados aos saberes históricos, entretanto, apenas três delas discutiram o tema de modo a evidenciar a ciência como um processo complexo e historicamente inserido. Destes trechos, foi observada a possibilidade de abordar aspectos relacionados às responsabilidades sociais dos cientistas, como: as implicações sociais das pesquisas, o modo como os cientistas lidam com as consequências de seu trabalho, as influências políticas e econômicas no direcionamento da pesquisa e a relevância social da ciência. Entretanto, discussões sobre a importância da comunicação entre os pesquisadores e a sociedade se fizeram ausentes nas coleções.

Palavras – chave: Projeto Manhattan, Responsabilidades Sociais dos cientistas, PNLD, ensino de física.

ABSTRACT

For a long time, scientific practice was understood as a neutral activity, aimed exclusively at the production of new knowledges, however, with the social transformations caused by technological development and with studies about the nature of science, this conception proved to be wrong, so that the scientific research came to be recognized as a social practice, influenced by external factors that define the purposes and the way science is executed. With the deepening of social contradictions through the development of war technologies, studies emerged that argued in favor of a socially responsible scientific practice, capable of reflecting on its consequences and with the objective of attend social demands, such discussions formed the concept of Social Responsibility of Scientists. We believe that working with these responsibilities in teaching allows us to discuss different aspects related to the nature of science. Therefore, we understand that approaches to the history and philosophy of science, such as the analysis of historical episodes, contribute to this goal. We selected the episode known as the “Manhattan Project”, which corresponds to the researches with the purpose of producing the nuclear weapons launched in the cities of Hiroshima and Nagasaki, modifying the geopolitical structure in the second half of the 20th century. Thus, we seek to reflect on the presentation of the Social Responsibilities of Scientists in school manuals intended for teaching Science/Physics, specifically when addressing content related to the “Manhattan Project”. For this, we evaluated how the didactic collections of physics, belonging to the “Programa Nacional do Livro e do Material Didático”, worked on the episode, in order to highlight possibilities for discussions about the social responsibilities of scientists through the material. The analysis was accomplished from the different dimensions of social responsibilities: the responsibility to reflect on the consequences of the research, the responsibility to seek to produce science with social relevance and the responsibility to communicate and advise the public and governments. We found that all nineteen collections presented excerpts focused on historical knowledge, however, only three of them discussed the theme in order to highlight science as a complex and historically inserted process. From these sections, the possibility of approach aspects related to the social responsibilities of scientists was observed, such as: the social implications of research, the manner of how scientists deal with the consequences of their work, the political and economic influences on the research direction and the social relevance of science. However, discussions about the importance of communication between researchers and society were absent from the collections.

Keywords: Manhattan Project, Social Responsibilities of Scientists, PNLD, physics education.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 - Capa das principais fontes secundárias consultadas.....	24
FIGURA 2 - Representações de moléculas feitas por John Dalton.....	26
FIGURA 3 - O espectroscópio de Bunsen e Kirchhoff.....	27
FIGURA 4 - Representações de chapas fotográficas mostrando as diferentes linhas espectrais no efeito Zeeman.....	29
FIGURA 5 - Representações dos procedimentos experimentais realizados por Thomson em 1897.....	32
FIGURA 6 - Primeira radiografia realizada por Röntgen da mão de sua esposa.....	33
FIGURA 7 - Representação da chapa fotográfica revelada por Becquerel.....	34
FIGURA 8 - Representação esquemática do equipamento utilizado por Marie Curie para medir a ionização do ar provocada pela radioatividade.....	36
FIGURA 9 - Curva de crescimento e decaimento da atividade.....	38
FIGURA 10 - Representação esquemática do equipamento utilizado por Geiger.....	42
FIGURA 11 - Trajetória de uma partícula α desviada por um núcleo.....	43
FIGURA 12 - Arranjo experimental utilizado na transmutação artificial.....	48
FIGURA 13 - Representação esquemática do equipamento utilizado por Chadwick para o estudo do nêutron.....	51
FIGURA 14 - Desenho do primeiro reator nuclear construído, denominado Chicago Pile 1.....	64
FIGURA 15 - Mecanismos para detonação da bomba.....	65
FIGURA 16 - Acampamento Base construído para o teste Trinity.....	67
FIGURA 17 - Norris Bradbury com a bomba “Gadget” no topo da torre.....	68
FIGURA 18 - Teste Trinity, 15 segundos após a detonação.....	68
FIGURA 19 - O local do teste após a explosão da “Gadget”	70
FIGURA 20 - Líderes da Inglaterra (Winston Churchill), EUA (Harry S. Truman) e União Soviética (Josef Stalin) durante a Reunião de Potsdam...	73
FIGURA 21 - Bomba de urânio Little Boy, pronta para ser levada ao avião.....	75

FIGURA 22 - Bomba de plutônio Fat Man em transporte.....	76
FIGURA 23 - Hiroshima (à esquerda) e Nagasaki (à direita) após as explosões.....	76
FIGURA 24 - Atol de Bikini em 1954.....	130
FIGURA 25 - Explosão da bomba e a cidade de Nagasaki após o bombardeio em 1945.....	134
FIGURA 26 - Questões que fazem referência às bombas atômicas encontradas na CD18.01.....	131
FIGURA 27 - Explosão de uma bomba atômica.....	137
FIGURA 28 - Abertura da Assembleia das Nações Unidas sobre o Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares.....	138
FIGURA 29 - Fotografia de Niels Bohr (à esquerda) e Werner Karl Heisenberg (à direita)	142
FIGURA 30 - Fotografia tirada no Pacífico Sul, em outubro de 1952.....	143
FIGURA 31 - Material de apoio para solução das questões EP11 e EP12...	145
FIGURA 32 - Bomba “Fat Man”, lançada sob Nagasaki, em 1945	147
FIGURA 33 - Explosão da primeira bomba de hidrogênio, no Atol de Eniwetok, em 1952.....	148
FIGURA 34 - Explosão de uma bomba atômica sob o Atol de Bikini em 1946.....	151
FIGURA 35 - Questão que apresenta conteúdos históricos, evidenciada na CD 18.07.....	152
FIGURA 36 - Cidade de Hiroshima após o lançamento das bombas.....	158
FIGURA 37 - Questão que evidencia saberes históricos, presente na CD18.11.....	159
FIGURA 38 - Exemplo de linha do tempo com os principais episódios acerca da radioatividade.....	163
FIGURA 39 - Réplica da bomba atômica <i>Little boy</i> lançada em Hiroshima, Japão, em 1945.....	165
FIGURA 40 - Atividade acerca das aplicações das reações nucleares.....	165
FIGURA 41 - Atividade que explicita pautas de pesquisa acerca dos acontecimentos históricos envolvendo a produção de armas nucleares.....	166
FIGURA 42 - Ruínas de Hiroshima cerca de um mês após as explosões....	172

FIGURA 43 - Explosão da primeira bomba de hidrogênio testada, em 1952, no Atol Eniwetok.....	173
FIGURA 44 - Explosão nuclear realizada durante um exercício nuclear em Mururoa.....	177
FIGURA 45 - Ruínas das cidades de Hiroshima (à direita) e Nagasaki (à esquerda) após os bombardeios com bombas atômicas em 1945.....	180

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1 - Obstáculos para a implementação da HFC no ensino de Física.....	21
QUADRO 2 - Diferentes tradições de pensamento sobre as responsabilidades dos cientistas.....	80
QUADRO 3 - Responsabilidades acadêmicas dos cientistas.....	109
QUADRO 4 - Responsabilidades sociais dos cientistas.....	110
QUADRO 5 - Categorias de análise das RSC.....	118
QUADRO 6 - Coleções didáticas aprovadas pelo PNLD (2018-2021) para a componente curricular de Física.....	123
QUADRO 7 - Coleções didáticas aprovadas pelo PNLD (2021-2024) para a área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias.....	125
QUADRO 8 - Identificação das coleções pertencentes ao PNLD 2018-2021 que abordam a produção de armamentos nucleares.....	126
QUADRO 9 - Identificação das coleções pertencentes ao PNLD 2021-2024 que abordam a produção de armamentos nucleares.....	126
QUADRO 10 - Ficha de Análise para as RSC nos manuais escolares selecionados.....	128
QUADRO 11 - Evidência das RSC em meio a CD18.01.....	133
QUADRO 12 - Evidência das RSC em meio a CD18.02.....	139
QUADRO 13 - Evidência das RSC em meio a CD18.03.....	141
QUADRO 14 - Evidência das RSC em meio a CD18.04.....	145
QUADRO 15 - Evidência das RSC em meio a CD18.05.....	149
QUADRO 16 - Evidência das RSC em meio a CD18.06.....	151
QUADRO 17 - Evidência das RSC em meio a CD18.07.....	154
QUADRO 18 - Evidência das RSC em meio a CD18.08.....	155
QUADRO 19 - Evidência das RSC em meio a CD18.09.....	156
QUADRO 20 - Evidência das RSC em meio a CD18.10.....	158
QUADRO 21 - Evidência das RSC em meio a CD18.11.....	160
QUADRO 22 - Evidência das RSC em meio a CD18.12.....	161
QUADRO 23 - Volumes que compõem a CD21.01.....	161
QUADRO 24 - Evidência das RSC em meio a CD21.01.....	163

QUADRO 25 - Volumes que compõem a CD21.02.....	164
QUADRO 26 - Evidência das RSC em meio a CD21.02.....	167
QUADRO 27 - Volumes que compõem a CD21.03.....	168
QUADRO 28 - Evidência das RSC em meio a CD21.03.....	169
QUADRO 29 - Volumes que compõem a CD21.04.....	170
QUADRO 30 - Evidência das RSC em meio a CD21.04.....	173
QUADRO 31 - Volumes que compõem a CD21.05.....	174
QUADRO 32 - Evidência das RSC em meio a CD21.05.....	176
QUADRO 33 - Volumes que compõem a CD21.06.....	176
QUADRO 34 - Evidência das RSC em meio a CD21.06.....	179
QUADRO 35 - Volumes que compõem a CD21.07.....	179
QUADRO 36 - Evidência das RSC em meio a CD21.07.....	182
QUADRO 37 - Quadro síntese dos agrupamentos das coleções.....	185
QUADRO 38 - Indicação dos tópicos de física em que foram evidenciadas menções ao tema de pesquisa.....	186
QUADRO 39 - Síntese dos recursos utilizados para abordar o desenvolvimento de armamentos nucleares.....	187
QUADRO 40 - Momentos nos quais o desenvolvimento de armamentos nucleares é mencionado.....	190
QUADRO 41 - Distribuição das CDs quanto à contemplação das questões referentes às categorias prévias de análise sobre as RSC.....	192
QUADRO 42 - Aplicações tecnológicas evidenciadas nas coleções.....	198

SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO.....	14
INTRODUÇÃO.....	17
1. UMA BREVE HISTÓRIA SOBRE O PROJETO MANHATTAN.....	22
1.1 Caminhos para uma física nuclear: da compreensão do átomo à concepção do núcleo.....	25
1.2 Física nuclear: da transmutação artificial à fissão nuclear.....	47
1.3 O Projeto Manhattan	56
1.4 As consequências do Projeto Manhattan para a Física e para a sociedade.....	72
2. AS RESPONSABILIDADES SOCIAIS DOS CIENTISTAS.....	79
2.1 As Responsabilidades Sociais para integrantes do Projeto Manhattan.....	81
2.2 Primeiro período: da responsabilidade sobre as implicações da pesquisa científica.....	85
2.3 Segundo período: sobre a ética na ciência e a pesquisa socialmente responsável.....	97
2.4 Conceito, fundamentos e caracterização das responsabilidades sociais dos cientistas.....	105
3. METODOLOGIA DA PESQUISA.....	113
3.1 Questões, objetivo e natureza da pesquisa.....	113
3.2 Desenvolvimento da pesquisa.....	117
3.2.1 Aprofundamento teórico e construção das categorias de análise.....	117
3.2.2 Análise Preliminar das coleções didáticas.....	119
3.2.2.1 Conhecendo o Programa Nacional do Livro e do Material Didático.....	119
3.2.2.2 Identificação dos conteúdos.....	125
3.2.3 Procedimento de análise.....	127
4. RESULTADOS.....	129
4.1 PNLD (2018-2020)	129
4.1.1 CD18.01 - Bonjorno et al. (2016)	129

4.1.2 CD18.02 - Barreto e Xavier (2016)	136
4.1.3 CD18.03 - Válio et al. (2016)	140
4.1.4 CD18.04 - Kazuhito e Fuke (2016)	141
4.1.5 CD18.05 - Torres et al. (2016)	146
4.1.6 CD18.06 - Pietrocola et al. (2016)	149
4.1.7 CD18.07 - Guimarães, Piqueira e Carron (2016).....	152
4.1.8 CD18.08 - Biscuola et al. (2016)	155
4.1.9 CD18.09 - Máximo e Alvarenga (2016)	155
4.1.10 CD18.10 - Gaspar (2016)	156
4.1.11 CD18.11 - Aurélio Filho e Toscano (2016)	158
4.1.12 CD18.12 - Sant'Anna et al. (2016)	160
4.2 PNLD (2021-2024)	161
4.2.1 CD21.01 - Mortimer et al. (2020)	161
4.2.2 CD21.02 - Godoy, Dell'agnolo e Melo (2020)	163
4.2.3 CD21.03 - Lopes e Rosso (2020)	168
4.2.4 CD21.04 - Amabis et al. (2020)	170
4.2.5 CD21.05 – Fukui et al. (2020)	174
4.2.6 CD21.06 - Thompson et al. (2020)	176
4.2.7 CD21.07 - Santos et al. (2020)	179
4.3 Observações Gerais	182
4.3.1 O Projeto Manhattan nas coleções didáticas analisadas ...	183
4.3.2 As Responsabilidades Sociais dos Cientistas	192
4.3.2.1 Responsabilidade de refletir acerca das consequências da pesquisa	193
4.3.2.2 Responsabilidade de buscar produzir ciência com relevância social	196
4.3.2.3 Responsabilidade de comunicar e aconselhar o público e os governos	198
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	202
Referências	208

APRESENTAÇÃO

Para que seja possível compreender as indagações que me levaram a propor a presente pesquisa, faz-se necessário conhecer um pouco de minha trajetória pessoal. Para tanto, dedico estas páginas iniciais à apresentação desta trajetória, de maneira a evidenciar os desdobramentos que me levaram a este projeto.

Meu interesse pela ciência teve início durante o segundo ano do ensino fundamental, em 2007, ano em que participei da 10^a Olimpíada Brasileira de Astronomia e Astronáutica (OBA), para qual me preparei por diversos dias com acompanhamento de minha família e professores, tendo conquistado medalha de ouro. Tais estudos me despertaram o desejo de trabalhar com a física e me tornar cientista.

No ano de 2017, iniciei o curso de Física no Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Unesp, campus de São José do Rio Preto. Ao longo do primeiro ano, tanto disciplinas voltadas para a física em sociedade quanto meu envolvimento em projetos de extensão, me despertaram profundo interesse pela licenciatura, uma vez que percebi a variedade e profundidade das pesquisas do campo educacional.

Já no início de 2018, fui convidado pelo Prof. Dr. Leandro Londero da Silva a participar da Equipe de Educação em Física “Susana Lehrer de Souza Barros”, cujas pesquisas, naquele momento, voltavam-se ao estudo da inserção de conteúdos da Física do Século XX na educação básica, a partir de referenciais teóricos diversificados.

Em minha primeira pesquisa, intitulada “A transposição didática da física das radiações ionizantes em manuais escolares de física”, investiguei como a Física das Radiações Ionizantes e o fenômeno da Radioatividade eram abordados pelas Coleções Didáticas de Física, destinadas ao Ensino Médio e pertencentes ao Programa Nacional do Livro Didático do governo federal, sob o olhar da teoria da Transposição Didática de Yves Chevallard. Tal investigação me fez concluir que o contexto histórico das pesquisas científicas é por vezes ignorado pelas coleções, ao optar por uma textualização conceitual, em detrimento de discussões voltadas à natureza da ciência.

Ainda, durante a graduação e de maneira paralela à iniciação científica, diversas disciplinas me apresentaram uma ampla gama de trabalhos que apontavam ganhos significativos ao abordar a física a partir da História e Filosofia da Ciência. Estes trabalhos intensificaram minhas indagações e interesse a respeito do tema, tendo me levado a inserir em minhas pesquisas questões que buscavam avaliar a presença de imagens deformadas do trabalho científico nas Coleções Didáticas.

Entretanto, no ano de 2020 fui surpreendido por duas ideias legislativas que versavam sobre a fabricação de bombas atômicas brasileiras. Tais ideias se mostraram esvaziadas de informações sobre o contexto nuclear mundial, ainda assim, ambas alcançaram uma grande quantidade de votos favoráveis. Ao questionar diversas pessoas, notei um forte desconhecimento sobre o tema, tanto a respeito do processo de fabricação das bombas quanto de suas consequências para a sociedade.

Ainda, durante as reuniões de nossa equipe de pesquisa, passamos a investigar e discutir sobre questões relacionadas à ética do trabalho científico, dentre elas, sobre a importância de uma conduta responsável e de um olhar para as implicações sociais do conhecimento produzido pelos cientistas.

Deste modo, este trabalho versa sobre o ensino das Responsabilidades sociais dos cientistas a partir do processo histórico da aplicação de pesquisas nucleares para fins militares, empreendimento científico que está intrinsicamente vinculado a mudanças de concepções éticas sobre a atividade científica.

Para tanto, busco avaliar a exposição sobre o processo de desenvolvimento de armamentos nucleares, a partir do episódio histórico denominado Projeto Manhattan, em livros didáticos destinados ao ensino básico, afim de compreender de quais modos tais exposições permitem discussões voltadas às Responsabilidade Sociais dos Cientistas.

Apresento a seguir a descrição do conteúdo dos capítulos que compõem o relato de minha pesquisa.

Durante a introdução do trabalho, busco contextualizar o tema proposto e apresentar minhas justificativas sobre a importância e relevância do mesmo, a partir de trabalhos que fundamentam a inserção de temas relacionados à história, filosofia e sociologia da ciência no ensino de física.

No primeiro capítulo busco descrever o episódio histórico denominado Projeto Manhattan, no qual se deu a construção das duas bombas lançadas ao final da segunda guerra mundial, nas cidades de Hiroshima e Nagasaki. Para tanto, apresento inicialmente as pesquisas que conduziram ao contexto científico necessário para o projeto, desde a compreensão sobre o átomo à concepção do núcleo, em seguida, descrevo o processo de fabricação das bombas e, por fim, as principais consequências do Projeto Manhattan para o contexto científico e social.

No segundo capítulo, apresento e descrevo a Responsabilidade Social dos cientistas. Em um primeiro momento, disserto acerca das discussões ocorridas durante o desenvolvimento das bombas, iniciadas por pesquisadores de grande influência para o estabelecimento e realização do PM. Em seguida, apresento o desenvolvimento da compreensão das responsabilidades sociais dos cientistas ao longo dos anos. Por fim, apresento o conceito de Responsabilidade que utilizarei, tal qual a caracterização destas responsabilidades.

O terceiro capítulo descreve a natureza da pesquisa, os procedimentos metodológicos utilizados, os critérios de seleção dos manuais analisados e a apresentação dos critérios selecionados para análise dos manuais.

No quarto capítulo, apresento os resultados do trabalho, para isso, realizo discussões particulares para cada obra, observando a apresentação dos saberes históricos e as possibilidades para o ensino das responsabilidades sociais. Ao fim do capítulo, apresento observações gerais sobre os resultados, onde evidencio as semelhanças na abordagem das obras acerca do tema.

Finalizo com a apresentação de minhas considerações finais acerca das investigações realizadas, afim de responder ao problema de pesquisa e às questões norteadoras, buscando implicações para o ensino das Responsabilidades Sociais dos cientistas a partir do ensino de física.

INTRODUÇÃO

Ao longo da história, diversas pesquisas científicas modificaram as maneiras pelas quais os seres humanos se relacionam entre si e com o meio ambiente. A ciência, como empreendimento humano, se mostrou fundamental para a construção da sociedade que conhecemos atualmente, tendo sido aplicada em diversos setores, a fim de solucionar problemas ou potencializar as maneiras de produção. Entretanto, apesar da capacidade em proporcionar melhorias na qualidade de vida e no bem-estar social, a ciência foi, por outro lado, amplamente aplicada para o desenvolvimento de tecnologias bélicas, que ao longo dos anos, têm modificado a dinâmica dos conflitos sociais.

Dos empreendimentos científicos voltados para a guerra, destaca-se o episódio histórico denominado Projeto Manhattan, doravante PM, responsável pelo desenvolvimento e fabricação das primeiras bombas nucleares. Tendo se originado da colaboração entre os governos estadunidense e britânico, com intuito de combater a Alemanha nazista, o PM empregou mais de 120 mil pessoas, além de cientistas de toda a Europa, e se caracterizou como o maior empreendimento científico-industrial já realizado (CARVALHO, 2015). Por outro lado, tais esforços resultaram na destruição das cidades de Hiroshima e Nagasaki após o lançamento das bombas.

Em vez de terem contribuído para melhorar a condição humana e a qualidade da vida das pessoas, os saberes, acumulados pelos cientistas durante décadas de estudos – e a fortuna investida nas pesquisas e fabricação das bombas atômicas –, resultaram no sacrifício de centenas de milhares de seres humanos inocentes, no Japão. (CARVALHO, 2015, p. 207)

Para além da produção de bombas atômicas, o PM influenciou diretamente o ordenamento geopolítico durante o pós-guerra, a partir do estabelecimento de novos centros de poder e de tratados que visavam controlar o desenvolvimento nuclear global. No âmbito científico, o episódio foi fundamental no sentido de estabelecer o sigilo como prática (SEGRÈ, 1987), e suscitar discussões voltadas à responsabilidade social dos cientistas (MITCHAM, 1987).

Em 2020 os brasileiros foram surpreendidos com a notícia da tramitação de uma consulta pública acerca da proposta da criação de uma Bomba Nuclear

Brasileira. A ideia legislativa foi apresentada por meio do portal e-cidadania, intitulada “Bomba Atômica Brasileira”, com a seguinte descrição: “As forças Armadas Brasileiras necessitam da bomba nuclear para dissuadir interferência estrangeira em nosso território nacional” (BRASIL, 2020a).

A proposta alcançou apoio necessário para ser levada ao Senado em menos de um mês após sua publicação, com um total de 20.892 votos. No momento da redação deste trabalho, a proposta se encontra em consulta pública, com um total de 30.750 votos favoráveis e 5.126 votos contrários, e aguarda para ser discutida pela Comissão de Direitos Humanos e Legislação Participativa (CDH).

Tal quantitativo chamou a atenção da Sociedade Brasileira de Física (SBF) que expôs suas preocupações em relação a essa consulta. O apontamento da SBF tem como fundamento o Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares (TNP), que “tem contribuído para a manutenção da paz mundial”, ainda, a sociedade diz que:

Devemos considerar que o possível financiamento de um tal projeto poderia causar ainda mais cortes no financiamento da ciência que vem sendo desenvolvida no Brasil. Na área nuclear, a operacionalização de Angra 3 e a construção do reator multipropósito, que garantiria a produção de radiofármacos dos quais o país necessita e que importa a custos altíssimos, são necessidades urgentes que precisam de financiamento. (SOCIEDADE BRASILEIRA DE FÍSICA, 2020)

Ainda, no dia 31 de dezembro de 2020, outra ideia legislativa alcançou o quantitativo necessário para tramitar na CDH, denominada “Rompimento com o Tratado de Não Proliferação de Armas Nucleares”, na qual busca facilitar “a confecção de armamentos nucleares destinados a defesa nacional e de seus interesses” (BRASIL, 2020b). A proposta se encontra em consulta pública com mais de 24.000 votos favoráveis contra 1.400 desfavoráveis.

Tais quantitativos, seguidos da ausência de uma reflexão crítica acerca da proposta, demonstram haver certo desconhecimento por parte da população a respeito do processo histórico e político para o desenvolvimento e manutenção das bombas atômicas.

Por sua vez, Rzycki e Sartori (2010), a partir de um questionário de múltipla escolha, buscaram compreender a tendência do conhecimento da população paulistana acerca da energia nuclear e dos rejeitos radioativos. A pesquisa foi realizada em 1996, quase dez anos após o acidente de Goiânia, com participação de uma amostra diversificada em sexo, faixa etária, escolaridade e faixa salarial.

As autoras observaram que a maioria dos entrevistados desconheciam as aplicações da energia nuclear, tais como geração de energia, bombas, irradiação de alimentos, dentre outras. Entretanto, relatam haver curiosidade por parte dos entrevistados em compreender melhor tais aplicações, tendo em vista que muitas vezes a circulação de notícias sensacionalistas ou equivocadas amedronta a população.

De modo semelhante, ao avaliar os conhecimentos prévios de alunos do curso de licenciatura em física, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo (IFSP-SP), acerca da história do uso da energia nuclear, Schmiedecke e Porto (2014, p. 239) encontraram que, apesar de estarem familiarizados com os saberes teóricos, estes estudantes “pouco conhecem a respeito de seu desenvolvimento histórico em nível mundial e, mais claramente, nacional”. Os autores ainda acrescentam que episódios como o Projeto Manhattan podem despertar diversas discussões, “tanto em termos de contextualização do conhecimento físico, como a respeito da natureza da ciência” (SCHMIEDECKE E PORTO, 2014, p. 239).

Tendo em vista a maneira como as ideias legislativas foram recebidas pelo público, assim como as pesquisas acima e minha experiência como aluno e professor de física, suponho haver certa ausência de conhecimento por parte da população sobre temas relacionados a energia nuclear e suas aplicações tecnológicas, movidos por meio de estereótipos ou falsos discursos, estes esvaziados de crítica e saberes científicos.

Neste sentido, ao analisar as percepções de um grupo de estudantes acerca das usinas nucleares e do resíduo radioativo, Gombrade e Londero, (2022) evidenciam que esta veiculação de estereótipos e notícias equivocadas a respeito da energia nuclear impacta a produção discursiva dos alunos, resultando em um distanciamento para com o saber científico.

Ao olhar do ponto de vista histórico, discussões acerca do processo de fabricação das bombas atômicas nos remete ao contexto pelo qual estas foram desenvolvidas, tal como das consequências científicas e políticas que marcaram a humanidade no século XX. Do ponto de vista educacional, destaca-se a necessidade de discutir o processo histórico do desenvolvimento do saber e de suas aplicações tecnológicas, tendo em vista a importância da compreensão destes processos para que o aluno seja capaz de avaliar suas decisões em uma sociedade pautada pelas tecnologias modernas.

Em vista disso, nos últimos anos diversas pesquisas têm discutido a necessidade de se trabalhar conteúdos relacionados à física nuclear em diferentes níveis de ensino (p. ex.: SOUZA E CUNHA, 2018; REIS, 2021; SOUZA E DANTAS, 2010; WERNER DA ROSA et al., 2021; ADORNES et al., 2018).

Nota-se que, dentre este campo de pesquisa, destacam-se argumentos voltados à importância de olhar para a inserção da História, Filosofia e Sociologia da Ciência (HFSC) no ensino de física, uma vez que tem contribuído para: motivar os alunos, facilitar a interdisciplinaridade, apresentar a ciência como uma construção humana, evitar visões deformadas do trabalho científico, dentre outros (RODRIGUES JUNIOR et al., 2015).

Estudar os saberes científicos, a partir da compreensão de um dado contexto histórico, possibilita refletir sobre o processo de produção do conhecimento e o modo como a prática científica está atrelada à estrutura social, seja por meio de relações políticas, econômicas ou sociais. Tais discussões podem se configurar como um modo de combater o mito da neutralidade científica, evidenciando a dimensão humana da pesquisa científica.

Portanto, a inserção de temas relacionados à HFSC promove discussões sobre aspectos do desenvolvimento científico e tecnológico a partir do processo de produção do conhecimento, este contexto permite evidenciar elementos vinculados à natureza da ciência, de maneira crítica e reflexiva.

Se voltarmos nosso olhar para documentos curriculares que balizam a educação brasileira, como é o caso da Base Nacional Comum Curricular (BNCC), ela explicita que a contextualização social, histórica e cultural é

fundamental para que áreas como ciência e tecnologia sejam compreendidas como empreendimentos humanos e sociais. Ainda:

A contextualização histórica não se ocupa apenas da menção a nomes de cientistas e a datas da história da Ciência, mas de apresentar os conhecimentos científicos como construções socialmente produzidas, com seus impasses e contradições, influenciando e sendo influenciadas por condições políticas, econômicas, tecnológicas, ambientais e sociais de cada local, época e cultura. (BRASIL, 2017, p. 550)

Entendo que, para que esta contextualização histórica seja possível, é necessário que professores, espaços e materiais educacionais estejam preparados para a proposta. Entretanto, existem diversos fatores que dificultam a HFC adentrar de maneira significativa no sistema de ensino.

Afim de investigar as principais dificuldades acerca do uso da HFC para fins didáticos, Martins (2007) aplicou um questionário a 82 sujeitos, dentre os quais haviam licenciandos, alunos de pós-graduação e professores da rede pública. Dentre as dificuldades mais citadas durante a investigação, nota-se: a falta de material didático adequado e a ausência desse tipo de conteúdo nos livros existentes, o currículo escolar voltado para os exames vestibulares e a falta de incentivo durante a formação de professores para lidar com o tema.

Por sua vez, Höttecke e Silva (2011) organizam em quatro categorias os principais obstáculos para a implementação da HFC, apontados e discutidos em reuniões e conferências internacionais promovidas pelo projeto *History and Philosophy in Science Teaching* (HIPST)¹.

Quadro 1 – Obstáculos para a implementação da HFC no ensino de Física

Obstáculo	Implicações para o ensino
Cultura do ensino de física	• Os professores apenas transmitem o conteúdo científico. Já os ambientes de ensino são pensados para viabilizar esta transmissão apenas por meio da fala do professor; • A Física é ensinada como uma verdade absoluta ou uma coleção de fatos.

¹ O HIPST foi um projeto empreendido pela União Europeia, entre os anos de 2008 e 2010, com objetivo de aumentar a compreensão da relação entre ciência, tecnologia e sociedade e promover a educação científica e a compreensão pública da ciência a partir da História. O projeto contou com a participação de 10 grupos de pesquisa em 8 diferentes países, sendo eles: Alemanha, Portugal, Grã-Bretanha, Israel, Grécia, Itália, Hungria e Polônia. Mais informações em: <https://cordis.europa.eu/project/id/217805>

Obstáculo	Implicações para o ensino
Habilidades, atitudes e crenças epistemológicas dos professores	• Os professores não pensam a natureza da ciência como um objetivo explícito de ensino; • Professores de física tendem a não valorizar o conhecimento meta-científico como um conteúdo ensinável; • Se os professores apreciam a história da ciência, eles se concentram principalmente em aprender sobre o contexto, mas se sentem inseguros em ensinar a ciência como um processo.
Ausência de material didático adequado	• São evidenciadas narrativas históricas que reforçam uma concepção empírico-indutivista e ingênua da ciência; • Influências sociais e culturais raramente são discutidas; • Conteúdos históricos são tidos como complementares, separados do aprendizado de conceitos científicos; • Atividades voltadas ao aprendizado da natureza da ciência estão ausentes.
Limites institucionais	• Os documentos educacionais são fatores importantes para promover a inclusão ou exclusão da HFC no ensino; • A HFC é um objetivo global, mas sofre de uma operacionalização para estratégias de implementação efetiva; • Os professores são fortemente guiados pelas propostas dos currículos que raramente incluem o ensino do HPS.

Fonte: Höttecke e Silva (2011)

Como evidenciado por Forato et al. (2011, p.53), estas dificuldades ao tratar sobre aspectos da HFSC no ensino, podem promover uma abordagem histórica problemática, que em geral, origina-se de uma interpretação descontextualizada, equivocada ou mesmo tendenciosa das fontes e/ou de um período histórico. Para os autores, “evitar o uso da pseudo-história, ou mesmo possuir certa fundamentação teórica para problematizá-la, representa, prioritariamente, um compromisso com a formação do aluno”.

Dentre as pesquisas sobre HFSC no ensino de física, compreendo ser fundamental investigar o ensino de temas transversais ao conteúdo científico, como a ética e a responsabilidade social na prática científica, a partir de uma perspectiva voltada para o ensino de fenômenos físicos.

Neste sentido, reconheço o PM como um processo histórico complexo, que viabiliza o tratamento de conteúdos históricos, políticos e científicos, capaz de suscitar a compreensão de aspectos específicos do trabalho científico.

Portanto, com a finalidade de compreender de quais modos aspectos éticos da prática científica têm sido inseridos em manuais escolares de física, propomos realizar uma análise de livros didáticos acerca das discussões sobre a Responsabilidade Social dos Cientistas (RSC), por meio da exposição do episódio histórico conhecido como “Projeto Manhattan”, o qual será apresentado e discutido nas páginas seguintes.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De início, é importante destacar a relevância de elementos dedicadas ao ensino de ciências a partir de conteúdos relacionados à HFSC, que têm demonstrado resultados significativos para o aumento do interesse por temas científicos entre os estudantes, e também, para a aprendizagem de elementos pertencentes à natureza do trabalho científico, fundamental para o processo de popularização e desmistificação da ciência.

Entretanto, como discutido na introdução, existem ainda diversos obstáculos que impedem a inserção destes conteúdos de modo eficaz nos sistemas de ensino, assim como uma dificuldade em articular os conceitos científicos e saberes históricos às demais dimensões do trabalho científico, como as questões políticas, econômicas e éticas que permeiam tal prática.

Uma das práticas potencialmente significativas para trabalhar os conteúdos históricos no ensino de ciências, que tem sido discutida na literatura, é a utilização de episódios históricos, de modo a trabalhar a história da ciência como um processo complexo, resultado de um contexto histórico no qual as pesquisas estão inseridas.

Neste trabalho, selecionamos o episódio conhecido como “Projeto Manhattan”, tendo em vista sua importância, tanto para a ciência quanto para a sociedade como um todo. No primeiro capítulo, foram apresentados os resultados de um trabalho historiográfico sobre episódio, o qual demonstrou grande relevância do contexto histórico para a área de ensino de ciências.

Percebemos que o episódio contribuiu para o desenvolvimento das diversas áreas da pesquisa científica (física, química, biologia), tendo em vista que os trabalhos buscavam não se limitarem a fabricação de armamentos nucleares, e sim a compreensão de todo o processo físico e químico que possibilitaria seu desenvolvimento, assim como os efeitos biológicos destes artefatos.

No que se refere à física, campo de interesse deste trabalho, o PM contribuiu para um avanço significativo nos conhecimentos acerca da constituição da matéria, a partir de estudos que buscavam compreender os fenômenos nucleares e as aplicações tecnológicas destes saberes.

Para além das implicações científicas, percebemos também que o PM demonstra, a partir da produção de armas de destruição em massa, as relações entre ciência, tecnologia e sociedade, de modo que as dimensões políticas e econômicas do trabalho científico se evidenciam através das consequências sociais da segunda metade do século XX, com o estabelecimento de novos centros de poder, impactando na dinâmica de relação entre os povos.

Estas transformações sociais motivaram novos debates, voltados à natureza do trabalho científico e às responsabilidades associadas a esta prática, apresentados durante o segundo capítulo. Tais discussões resultaram na caracterização das responsabilidades sociais dos cientistas, vinculadas às implicações sociais do trabalho científico e apoiada em uma compreensão de ciência como prática social, que influencia e é influenciada pela sociedade. Estas responsabilidades podem ser compreendidas nos seguintes termos: 1) Responsabilidade de refletir acerca das consequências da pesquisa; 2) Responsabilidade de buscar produzir ciência com relevância social; e 3) Responsabilidade de comunicar e aconselhar o público e os governos.

Tendo em vista a relevância do PM e a importância de ensinar sobre a natureza da ciência, investigamos os modos como os conteúdos históricos, relacionados ao episódio, apresentados em materiais escolares de ciências/física, permitem discussões sobre a dimensão ética da pesquisa, em especial, às responsabilidades sociais cientistas.

Em relação à primeira questão que buscamos responder, sobre a inserção de discussões acerca do PM nas obras, observamos que todas as coleções, de alguma forma, mencionam a existência de armamentos nucleares, entretanto, notamos que esta abordagem foi realizada em cinco níveis distintos de aprofundamento.

No primeiro, as obras apenas mencionaram a existência de armamentos nucleares, de modo que não são apresentados quaisquer saberes históricos acerca do ocorrido. Tal abordagem, encontrada em duas coleções, impossibilita trabalhar elementos voltados à HFSC a partir do tema.

No segundo nível, as coleções comentaram sobre o lançamento das bombas às cidades de Hiroshima e Nagasaki, entretanto, não foram encontradas informações sobre as pesquisas dedicadas ao desenvolvimento

das bombas. Neste grupo, composto por seis coleções, as discussões históricas limitam-se a elucidação do fato.

Já no terceiro nível, as coleções mencionam, além da destruição das cidades, outros fatores históricos que contribuíram para o desenvolvimento das bombas, entretanto, estes fatores são abordados como curiosidades acerca do saber científico, sem discutir as demais dimensões do saber. Foram identificadas três coleções neste grupo.

No quarto nível, as coleções realizaram propostas de atividades relacionadas à HFSC, solicitando que os alunos investigassem o contexto histórico das pesquisas, afim de apresentar seus resultados aos demais alunos. Esta abordagem, evidenciada em cinco coleções, permite que o aluno perceba elementos diversos sobre os acontecimentos históricos, entretanto, é necessário pensar a importância do processo de mediação da atividade por parte dos professores.

Por fim, no quinto nível, as coleções abordaram os saberes históricos de maneira ampla, apresentando discussões capazes de elucidar as questões éticas e políticas do período. Portanto, esta abordagem, encontrada em três coleções, permite discutir diversos aspectos do contexto histórico, de modo a refletir sobre a natureza da ciência a partir dos conceitos físicos trabalhados.

No que se refere a apresentação do PM, cabe ainda destacar os conteúdos nos quais as discussões foram encontradas e os recursos utilizados para trabalhar o tema.

Quanto aos conteúdos, percebemos que o principal tópico a evidenciar o tema foi a Física Nuclear, através de conceitos como a Radioatividade, as radiações ionizantes e as Reações nucleares. Entretanto, também foram evidenciados durante a explicação da Teoria da Relatividade (equivalência massa-energia) e da Mecânica Quântica (elementos biográficos de pesquisadores). Portanto, entendemos que é possível utilizar o episódio para trabalhar elementos de diversos tópicos da FMC

Quanto aos recursos utilizados, foi observado a utilização de textos complementares, questões e imagens, além de menções realizadas durante as explicações dos conceitos. É fundamental destacar a importância dos manuais destinados aos professores, de modo que em algumas coleções, os tópicos são mencionados apenas durante as orientações, ressaltando novamente a

importância da intencionalidade didática do docente para que os conteúdos sejam trabalhados.

Portanto, percebemos que, apesar de ser mencionado pelas coleções, o PM não é trabalhado de modo aprofundado pela maioria das obras, apresentado como curiosidade complementar aos conceitos estudados.

No que se refere à segunda questão, sobre quais aspectos das RSC podem ser evidenciados, foram observados elementos distintos vinculados a cada uma das categorias de análise.

Quanto a primeira categoria, a *“Responsabilidade de refletir acerca das consequências da pesquisa”*, notamos possibilidades de trabalhar as implicações sociais a partir da exposição dos lançamentos das bombas às cidades de Hiroshima e Nagasaki e da elucidação das consequências geopolíticas e ambientais, originadas na corrida pelo desenvolvimento de armas nucleares.

Ainda, as comparações entre as tecnologias bélicas com aquelas pensadas para a melhoria da qualidade de vida, como as aplicações voltadas para a área da saúde, podem contribuir para pensar o modo como o conhecimento científico é apropriado, visto que ao mesmo tempo que contribui para o desenvolvimento tecnológico, também produz riscos sociais.

Outro fator importante, encontrado em algumas coleções, é a atitude dos cientistas frente às consequências de seu trabalho. Percebemos que este tema foi evidenciado em biografias, textos complementares e atividades de pesquisa.

Por sua vez, a segunda categoria, a *“Responsabilidade de buscar produzir ciência com relevância social”*, foi observada em termos das influências de fatores políticos e econômicos para o direcionamento das pesquisas, percebidos pelas motivações apresentadas pelos cientistas para integrarem o projeto.

Neste sentido, percebemos diversas menções à carta de Einstein-Szilard, vinculada à ascensão do nazismo na Alemanha, como modo de expor os pensamentos destes pesquisadores, agindo com intuito de pressionar o governo estadunidense para reagir à ameaça alemã através do estabelecimento de um programa nuclear. Percebemos também a importância do pós guerra para debater o tema, destacando a não neutralidade da ciência.

Quanto à responsabilidade de atender as demandas sociais, foram observadas diversas menções a aplicações tecnológicas do saber, em áreas como: medicina, agricultura, produção de energia elétrica, indústria e atividades científicas. Por meio destas aplicações, é possível trabalhar o caráter transformador do conhecimento científico, afim de evidenciar a importância de se pensar as demandas sociais para a definição dos objetivos a serem alcançados.

Em relação à terceira categoria, a *“Responsabilidade de comunicar e aconselhar o público e os governos”*, notamos que esta foi a menos trabalhada nas obras, sendo evidenciada em apenas três das dezenove coleções.

Entretanto, notamos a possibilidade de demonstrar a importância da participação política dos cientistas a partir do exemplo do vice-almirante e cientista brasileiro Alvaro Alberto, que resultou na fundação do CNPq, um dos principais órgãos de financiamento à pesquisa em território nacional. Ainda, a importância da comunicação entre os cientistas e a população foi percebida em apenas duas coleções, ao problematizar o processo de tomada de decisão.

Portanto, percebemos diversas formas de trabalhar as RSC a partir das apresentações sobre o “Projeto Manhattan” em manuais escolares dirigidos ao ensino de Física, tais quais: as implicações sociais da pesquisa, a partir da elucidação das consequências do trabalho científico; a capacidade científica de atender as demandas sociais e, ao mesmo tempo, produzir riscos sociais; a problematização das atitudes dos cientistas em relação ao conhecimento produzido; as influências políticas e econômicas sob a ciência; e a necessidade por pesquisas que visam o bem estar social.

Entretanto é importante destacar que tais discussões centraram-se nas implicações sociais do trabalho científico, trabalhando de modo superficial as demais responsabilidades.

Alertamos que, para que seja possível discutir tais responsabilidades a partir dos manuais escolares analisados, é necessário que haja, por parte dos professores, atenção aos elementos éticos e políticos da prática científica, tendo em vista que, em grande parte dos casos, tais conteúdos não se fazem explícitos nas obras.

Deste modo, nossa pesquisa tem como implicação para a área um novo olhar para as questões éticas do saber, em específico para as

responsabilidades vinculadas ao trabalho do cientista, direcionadas ao ensino de física e à compreensão destes elementos no que se refere à natureza da ciência.

Com esta pesquisa, demonstramos possibilidades para a inserção de discussões sobre as responsabilidades sociais dos cientistas a partir dos manuais escolares aprovados pelas últimas duas edições do PNLD. Esperamos que tais resultados sirvam de suporte para que professores possam refletir acerca da inserção de tais conteúdos, e que possam ser utilizados como pontos de partida para uma modificação da prática em sala de aula.

Por fim, reconhecemos como proposta de continuidade, a produção de materiais e sequências didáticas dedicadas ao tema, assim como a avaliação da implementação destes materiais, afim de compreender de que modo tais discussões podem contribuir, em sala de aula, para a aprendizagem dos conceitos físicos e de elementos acerca da natureza do trabalho científico.

Referências

- ADORNES, A. G. R. et al. Uma proposta para o ensino de física nuclear na formação de professores de física e química. **Vivências: Revista Eletrônica de Extensão da URI**, v. 14, n. 26, p. 363–374, 2018.
- AMABIS, J. M. et al. **Moderna Plus: Ciências da Natureza e Suas Tecnologias**. São Paulo: Moderna, 2020
- ANDERSON, H. L.; FERMI, E.; SZILARD, L. Neutron production and absorption in uranium. **Physical Review**, v. 56, n. 3, p. 284–286, 1939.
- ARQUIVO NACIONAL DO BRASIL. **Dicionário Brasileiro de Terminologia Arquivística**. Rio de Janeiro: Arquivo Nacional, 2005.
- ATOMIC HERITAGE FOUNDATION. **Trinity Test -1945**. 2014.
- BARRETO FILHO, B.; DA SILVA, C. X. **Física aula por aula**. 3. ed. São Paulo: FTD, 2016.
- BASTOS, A. V. B. Neutralidade x Responsabilidade social na pesquisa. **Revista de Administração**, v. 23, n. 1, p. 248–253, 1988.
- BERG, P. Asilomar 1975: DNA modification secured. **Nature**, v. 455, n. 7211, p. 290–291, 2008.
- BERG, P. et al. Asilomar Conference on Recombinant DNA Molecules. **Science**, , v. 188, n. 4192, p. 991–994, 1975.
- BIEZUNSKI, M. **História da Física Moderna**. 1 ed., Instituto Piaget, 1998.
- BISCUOLA, G. J.; BÔAS, N. V.; DOCA, R. H. **Física**. 3. ed. São Paulo: Editora Ática, 2016.
- BOHR, N. I. On the constitution of atoms and molecules. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, v. 26, n. 151, p. 1–25, 1913.
- BONJORNIO, J. R. et al. **Física**. 3 ed. São Paulo: FTD, 2016.
- BRASIL. **DECRETO-LEI Nº 93, DE 21 DE DEZEMBRO DE 1937**. Cria o Instituto Nacional do Livro. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1937.
- _____. **DECRETO No 1.246, DE 16 DE SETEMBRO DE 1994**. Promulga o Tratado para a Proscrição das Armas Nucleares na América Latina e no Caribe. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1994.
- _____. **DECRETO No 2.864, DE 7 DE DEZEMBRO DE 1998**. Promulga o Tratado sobre a Não-Proliferação de Armas Nucleares. Brasília, DF: Diário

Oficial da União, 1998a.

_____. **DECRETO LEGISLATIVO Nº 64, DE 1998.** Aprova o texto(*) do Tratado de Proibição Completa de Testes Nucleares - CTBT. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 1998b.

BRASIL. Senado Federal. Secretaria-Geral da Mesa Secretaria de Comissões. Ofício Nº 34/2020/SCOM. **Ideia Legislativa Nº 144131.** Brasília, DF, 2020a.

_____. Ofício Nº 001/2021/ SCOM. **Ideia Legislativa Nº 143379.** Brasília, DF, 2020b.

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular: Educação é a base.** Brasília: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2017a.

_____. **PNLD 2018: física – guia de livros didáticos – ensino médio.** Brasília: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2017b.

_____. **Guia Digital PNLD 2021 Projetos Integradores e Projeto de Vida: Apresentação.** Brasília: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2021.

BRASIL. Ministério da Educação. Fundo nacional de desenvolvimento da educação. **EDITAL DE CONVOCAÇÃO Nº 03/2019 – CGPLI.** Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2019.

BRIDGMAN, P. W. Scientists and Social Responsibility. **Bulletin of the Atomic Scientists**, v. 4, n. 3, p. 69–72, 1948.

BRONOWSKI, J. The Real Responsibilities of the Scientist. **Bulletin of the Atomic Scientists**, v. 12, n. 1, p. 10–13, 1956.

BROUWER, W. Taking Responsibility for the Implications of Science. **Bulletin of Science, Technology & Society**, v. 14, n. 4, p. 192–202, 1994.

BRUNNER, R. D; ASCHER, W. Science and social responsibility. **Policy Sciences**, v. 25, n. 3, p. 295–331, 1992.

Bulletin. **Bulletin of the Atomic Scientists**, v. 1, n. 1, p. 1–1, 1945.

CANDEIAS, J. A. N. Responsabilidades Sociais e éticas do cientista. **Revista de Saúde Pública**, v. 33, n. 2, p. 111–112, 1999.

CARVALHO, J. F. A gênese da bomba. **Estudos Avançados**, v. 29, n. 84, p. 197–208, 2015.

CHADWICK, J. The existence of a neutron. **Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical**

Character, v. 136, n. 830, p. 692–708, 1932.

CURIE, I; JOLIOT, F. Émission de protons de grande vitesse par les substances hydrogénées sous l'influence des rayons γ très pénétrant.

Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences, v. 194, p. 273–275, 1932.

DAS NEVES, D. R. M. et al. Debates, contextos e lacunas no desenvolvimento coletivo da teoria sobre raios catódicos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 3, p. 1619–1649, 2021.

DIAS, V. S. **HISTÓRIA E FILOSOFIA DA CIÊNCIA NA PESQUISA EM ENSINO DE CIÊNCIAS NO BRASIL: MANUTENÇÃO DE UM MITO?**. 2008. 115 f. Tese (Doutorado) - Programa de Pós-Graduação em Educação para a Ciência, Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, São Paulo, 2008.

DINIS, A. Responsabilidade Moral Dos Cientistas. **Revista Portuguesa de Filosofia**, v. 50, n. 1, p. 123–131, 1994.

DOUGLAS, H. E. The moral responsibilities of scientists: (Tensions between autonomy and responsibility). **American Philosophical Quarterly**, v. 40, n. 1, p. 59–68, 2003.

EINSTEIN, A. [Carta] 2 ago. 1939, Peconic [para] Roosevelt, F. D., Washington. **Einstein-Szilard Letter**. Disponível em:

<<https://ahf.nuclearmuseum.org/ahf/key-documents/einstein-szilard-letter/>>.

EINSTEIN, Albert. On the Moral Obligation of the Scientist. **Bulletin of the Atomic Scientists**, v. 8, n. 2, p. 34–35, 1952.

EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. **FÍSICA Quântica: Átomos, Moléculas, Sólidos, Núcleos e Partículas**. 1. ed., São Paulo: Editora Campus, 1995.

EVERS, K. **Standards for Ethics and Responsibility in Science: An analysis and evaluation of their content, background and function**. In: The International Council for Science, 2001.

FELICIO, J. E. M; FUJITA, E. O. S.; NETO, A. E. Z. O TRATADO DE NÃO-PROLIFERAÇÃO NUCLEAR (TNP). **Revista Parcerias Estratégicas**, v. 1, n. 1, p. 19–26, 1996.

FERMI, E. et al. Artificial radioactivity produced by neutron bombardment. **Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character**, v. 146, n. 857, p. 483–500, 1934.

FERMI, E. Possible Production of Elements of Atomic Number Higher than 92. **Nature**, v. 133, n. 3372, p. 898–899, 1934.

FERMI, L. **Atoms in the family: my life with Enrico Fermi**. 1 ed., Chicago: The University of Chicago Press, 1954.

FILGUEIRAS, C. A. L. A espectroscopia e a química: da descoberta de novos elementos ao limiar da teoria quântica. **Química Nova na Escola**, v. 3, p. 22–25, 1996.

Sociedade Brasileira de Física. **Alerta da Comissão de Área de Física Nuclear para a consulta pública sobre construção de bomba atômica brasileira**. 2020. Disponível em: <<https://sbfisica.org.br/v1/sbf/alerta-da-comissao-de-area-de-fisica-nuclear-para-a-consulta-publica-sobre-construcao-de-bomba-atomica-brasileira/>>.

FLICK, Uwe. **Uma introdução à pesquisa qualitativa**. 2 ed ed., Porto Alegre: Bookman Companhia Editora, 2004.

FORATO, T. C. M; PIETROCOLA, M; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27–59, 2011.

Atomic Heritage Foundation. **Trinity Test -1945**. 2014. Disponível em: <<https://ahf.nuclearmuseum.org/ahf/history/trinity-test-1945/>>.

FRANCK, J. The Social Task of the Scientist. **Bulletin of the Atomic Scientists**, v. 3, n. 3, p. 70–70, 1947.

FRISCH, O. R.; PEIERLS, R. The Frisch-Peierls Memorandum. *In*: **BRITISH SCIENTISTS AND THE MANHATTAN PROJECT**. 1 ed. MACMILLAN, 1940.

FUKUI, A. et al. **Ser Protagonista: Ciências da Natureza e Suas Tecnologias**. São Paulo: SM, 2020

FURTADO, C. Responsabilidade social dos cientistas. **Ciência e Cultura**, v. 5, n. 10, p. 1100–1002, 1979.

GASPAR, A. **Compreendendo a Física**. 3. ed. São Paulo: Ática, 2016.

GEIGER, H. The scattering of α -particles by matter. **Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character**, v. 83, n. 565, p. 492–504, 1910.

GEIGER, H; MARSDEN, E. On a diffuse reflection of the α -particles. **Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character**, v. 82, n. 557, p. 495–500, 1909.

- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6 ed., São Paulo: Atlas, 2008.
- GILMER, P. J. Irène Joliot-Curie: A Nobel Laureate in Artificial Radioactivity. *In: Celebrating the 100th Anniversary of Madame Marie Sklodowska Curie's Nobel Prize in Chemistry*. 1 ed. Rotterdam: Sense Publishers, 2011.
- GLERUP, C; HORST, M. Mapping 'social responsibility' in science. **Journal of Responsible Innovation**, v. 1, n. 1, p. 31–50, 2014.
- GODOY, A. S. Pesquisa Qualitativa: Tipos Fundamentais. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 3, p. 20–29, 1995a.
- GODOY, A. S. Introdução à pesquisa qualitativa e suas possibilidades. **Revista de Administração de Empresas**, v. 35, n. 2, p. 57–63, 1995b.
- GODOY, L.; DELL'AGNOLO, R. M.; MELO, W. C. **Multiversos: Ciências da Natureza**. São Paulo: FTD, 2020.
- GOMBRADE, R; LONDERO, L. Percepções de estudantes sobre usinas nucleares e o resíduo radioativo. **Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias**, v. 17, n. 2, p. 286–299, 2022.
- GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. **Física: interação e tecnologia**. 2. ed. São Paulo: Leya, 2016.
- GUIMARÃES, O.; PIQUEIRA, J. R.; CARRON, W. **Física**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.
- HANSEN, T. B. Academic and social responsibility of scientists. **Journal on Science and World Affairs**, v. 2, n. 2, p. 71–92, 2006.
- HART, H. L. A. **Punishment and Responsibility: Essays in the Philosophy of Law**. 2. ed., New York: Oxford University Press, 2008.
- HERRLICH, P. The responsibility of the scientist. **EMBO Reports**, v. 14, n. 9, p. 759–764, 2013.
- HILL, A. V. The Moral Responsibilities of Scientists. **Bulletin of the Atomic Scientists**, v. 1, n. 7, p. 3–3, 1946.
- HÖTTECKE, D; SILVA, C. C. Why Implementing History and Philosophy in School Science Education is a Challenge: An Analysis of Obstacles. **Science & Education**, v. 20, n. 3–4, p. 293–316, 2011.
- JAUNCEY, G. E. M. The Early Years of Radioactivity. **American Journal of Physics**, v. 14, n. 4, p. 226–241, 1946.
- JOLIOT, F.; CURIE, I. Artificial Production of a New Kind of Radio-Element.

Nature, v. 133, n. 3354, p. 201–202, 1934.

KENNEDY, J. W. et al. Properties of ^{94}Zr . **Physical Review**, v. 70, n. 7–8, p. 555–556, 1946.

KOBYLAREK, A. Social responsibility of science. **Journal of Education Culture and Society**, v. 10, n. 2, p. 5–11, 2019.

KRIPKA, R. M. L; SCHELLER, M; BONOTTO, D. L. Pesquisa documental na pesquisa qualitativa : conceitos e caracterização. **Revista de Investigaciones UNAD**, v. 14, n. 2, p. 55–73, 2015.

LAURENCE, W. L. **Dawn over zero: the story of the atomic bomb**. Londres: Museum, 1947.

LOPES, C. V. M. **Modelos atômicos no início do século XX : da física clássica à introdução da teoria quântica**. 2009. 173 f. Tese (Doutorado) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2009.

LOPES, S.; ROSSO, S. **Ciências da Natureza**. São Paulo: Moderna, 2020.

LUDWIG, A. C. W. A pesquisa em educação. **Revista Linhas**, v. 4, n. 2, p. 1-19, 2003.

LUZ, A. M. R.; ALVARENGA, B. A.; GUIMARÃES, C. C. **Física: contexto e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Scipione, 2016.

MACDOWELL, S. Responsabilidade social dos cientistas: natureza das ciências exatas. **Estudos Avançados**, v. 2, n. 3, p. 67–76, 1988.

MARCUSE, H. A responsabilidade da ciência. **Scientiae Studia**, v. 7, n. 1, p. 159–164, 2009.

MARTINI, G. et al. **Conexões com a física**. 3. ed. São Paulo: Moderna, 2016.

MARTINS, R. A. **Becquerel e a Descoberta da Radioatividade: uma Análise Crítica**. 1 ed., Livraria da Física, 2012.

_____. Seria possível uma história da ciência totalmente neutra, sem qualquer aspecto whig?. **Boletim de História e Filosofia da Biologia**, v. 4, n. 3, 2010.

MEIER, R. L. What Should the Atomic Scientists do Now?. **Bulletin of the Atomic Scientists**, v. 4, n. 3, p. 81–82, 1948.

MEITNER, L; FRISCH, O. R. Disintegration of Uranium by Neutrons: a New Type of Nuclear Reaction. **Nature**, v. 143, n. 3615, p. 239–240, 1939.

MELZER, E. E. M; AIRES, J. A. A história do desenvolvimento da teoria atômica: um percurso de Dalton a Bohr. **Amazônia: Revista de Educação em**

Ciências e Matemáticas, v. 11, n. 22, p. 62, 2015.

MITCHAM, C. Responsibility and Technology: The Expanding Relationship. *In: TECHNOLOGY AND RESPONSIBILITY*. Dordrecht: SPRINGER-SCIENCE BUSINESS MEDIA, 1987. p. 3–40.

MORTIMER, E. et al. **Matéria, Energia e Vida: Uma Abordagem Interdisciplinar**. São Paulo: Scipione, 2020.

MOSZKOWSKI, A. **Conversations with Einstein**. New York: Horizon Press, 1970.

MOURÃO, R. R. F. Hiroshima e Nagasaki: razões para experimentar a nova arma. **Scientiae Studia**, v. 3, n. 4, p. 683–710, 2005.

NAGAOKA, H. L. V. Kinetics of a system of particles illustrating the line and the band spectrum and the phenomena of radioactivity. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, v. 7, n. 41, p. 445–455, 1904.

NAKAGAWA, C. I. Hiroshima: A catástrofe atômica e suas testemunhas. **Estudos Avancados**, v. 29, n. 84, p. 241–259, 2015.

NESVIZHEVSKY, V; VILLAIN, J. The discovery of the neutron and its consequences (1930–1940). **Comptes Rendus Physique**, v. 18, n. 9–10, p. 592–600, 2017.

NICHOLSON, J. W. LXXXIV: A structural theory of the chemical elements. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, v. 22, n. 132, p. 864–889, 1911.

_____. Constitution of the solar corona II. **Monthly Notices of the Royal Astronomical Society**, v. 72, p. 677–692, 1912.

NODDACK, I. Über das Element 93. **Angewandte Chemie**, v. 47, n. 37, p. 653–655, 1934.

NORRIS, R. S. **Racing for the Bomb: General Leslie R. Groves, the Manhattan Project's Indispensable Man**. 1 ed., Royalton: Steerforth Press, 2002.

O'HARA, F. R. S; George Johnstone Stoney and the concept of the electron. **Notes and Records of the Royal Society of London**, v. 29, n. 2, p. 265–276, 1975.

OKUNO, E. As bombas atômicas podem dizimar a humanidade - Hiroshima e Nagasaki, há 70 anos. **Estudos Avancados**, v. 29, n. 84, p. 209-218, 2015.

OPPENHEIMER, J. R. **Recommendations on the immediate use of nuclear weapons**. Science Panel's Report to the Interim Committee. 1945.

_____. Physics in the Contemporary World. **Bulletin of the Atomic Scientists**, v. 4, n. 3, p. 65–86, 1948.

PATTI, C. O programa nuclear brasileiro entre passado e futuro. **Boletim Meridiano** 47, v. 14, n. 140, p. 49–55, 2013.

PIETROCOLA, M. et al. **Física em Contextos**. 1. ed. São Paulo: Editora do Brasil, 2016.

PIROLO, M. **A contribuição de Robert Wilhelm Bunsen e Gustav Robert Kirchhoff para a espectroscopia do século XIX**. 2010. 90 f. Dissertação (Mestrado) - Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2010.

POPPER, K. R. The Moral Responsibility of the Scientist. **Bulletin of Peace Proposals**, v. 2, n. 3, p. 279–283, 1971.

Potsdam Declaration. Proclamation Defining Terms for Japanese Surrender Issued, Potsdam, 1945.

NOBEL PRIZE. **Joseph Rotblat Facts**. 2022. Disponível em: <<https://www.nobelprize.org/prizes/peace/1995/rotblat/facts/>>.

RANGEL, M. Qualidade do livro didático: dos critérios da literatura acadêmica aos do Programa Nacional do Livro Didático. **Linhas Críticas**, v. 11, n. 21, p. 187–200, 2005.

RAVETZ, J. **Scientific Knowledge and Its Social Problems**. New York: Oxford University Press, 1971.

REIS, D. M. **Ensino de física e os três momentos pedagógicos: a física nuclear na educação de jovens e adultos**. 2021. 179 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação de Mestrado Profissional em Ensino de Física, Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2021.

REZENDE, L. P; ÁVILA, R. A inovação e o fenômeno bélico. **Austral: Brazilian Journal of Strategy and International Relations**, v. 3, n. 6, p. 225–248, 2014. ISSN: 22386912. DOI: 10.22456/2238-6912.47744

RHODES, R. **The making of the atomic bomb**. 1 ed., New York: Simon & Schuster, 1986.

ROBOTTI, N; PASTORINO, F. Zeeman's discovery and the mass of the electron. **Annals of Science**, v. 55, n. 2, p. 161–183, 1998.

RODRIGUES JUNIOR, E. et al. Implicações didáticas de história da ciência no

ensino de Física: uma revisão de literatura através da análise textual discursiva. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 32, n. 3, p. 769, 2015.

ROOS, M; HOFFART, F. M. Climate Change and Responsibility. *In: **Climate Economics: A Call for More Pluralism And Responsibility***. Palgrave Macmillan Cham, p. 121–155, 2021.

ROSA, M. D. o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e os livros didáticos de ciência. **Revista de Produtos Educacionais e Pesquisas em Ensino**, v. 1, n. 2, p. 132–149, 2017.

ROTBLAT, J. Leaving the bomb project. **Bulletin of the Atomic Scientists**, v. 41, n. 7, p. 16–19, 1985.

RUSSELL, B. The social responsibilities of scientists. **Science**, v. 131, n. 3398, p. 391–392, 1960.

RUTHERFORD, E. Uranium radiation and the electrical conduction produced by it. **Philosophical Magazine Series**, v. 47, n. 284, p. 109–163, 1899.

_____. XV. The magnetic and electric deviation of the easily absorbed rays from radium. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, v. 5, n. 26, p. 177–187, 1903.

_____. XIX. Retardation of the α particle from radium in passing through matter . **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, v. 12, n. 68, p. 134–146, 1906.

_____. LXXIX. The scattering of α and β particles by matter and the structure of the atom . **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, v. 21, n. 125, p. 669–688, 1911.

_____. Collision of α particles with light atoms. **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, v. 37, n. 222, p. 537–587, 1919.

_____. Nuclear Constitution of Atoms. **Nature**, v. 105, n. 2642, p. 500–501, 1920.

RUTHERFORD, E; CHADWICK, J. The Disintegration of Elements by α -Particles. **Nature**, v. 107, n. 2680, p. 41–41, 1921.

RUTHERFORD, E; SODDY, F. XLI. The cause and nature of radioactivity .— Part I . **The London, Edinburgh, and Dublin Philosophical Magazine and Journal of Science**, v. 4, n. 21, p. 370–396, 1902.

RZYSKI, B. M; SARTORI, C. E. Avaliação do conhecimento da população

paulistana sobre a energia nuclear e os rejeitos radioativos - o acidente de goiânia despertou o interesse?. *In*: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL SOBRE O ACIDENTE GOIÂNIA, 2010, **Anais** [...].

SÁ-SILVA, J. R; ALMEIDA, C. D; GUINDANI, J. F. Pesquisa documental: pistas teóricas e metodológicas. **Revista Brasileira De História & Ciências Sociais**, v. 1, n. 1, p. 1–15, 2009.

SAENKO, N. et al. The social responsibility of a scientist: Philosophical aspect of contemporary discussions. **Journal of Social Studies Education Research**, v. 10, n. 3, p. 332–345, 2019.

SALVETTI, C. The birth of nuclear energy: Fermi's pile. *In*: BERNARDINI, C; BONOLIS, L. (org.). **Enrico Fermi**. 1 ed. New York. p. 177–203, 2004.

SANTIN FILHO, O. Breve Histórico dos Cem Anos da Descoberta dos Raios X: 1895-1995. **Química Nova**, 1995.

SANTOS, K. C. et al. **Diálogo: Ciências da Natureza e Suas Tecnologias**. São Paulo: Moderna, 2020

SCHMIEDECKE, W. G; PORTO, P. A. Abordagem da história da energia nuclear para a formação de professores de física. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 2, p. 232–241, 2014.

SCHUURBIERS, D. **Social Responsibility in Research Practice**. 2010. 165 f. Tese (Doutorado) - Technische Universiteit Delft, *Delft*, 2011.

SEGRÈ, E. **Dos raios X aos quarks**. 1 ed. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1987.

SERBER, R. **The Los Alamos Primer**The Los Alamos Primer. 26 p. 1943.

SMITH, P. D. **Os Homens do fim do Mundo: O verdadeiro Dr. Fantástico e o sonho da arma total**. 1 ed., São Paulo: Companhia das Letras, 2008.

Society for Social Responsibility in Science. **Science**, v. 118, n. 3076, p. 3–3, 1953.

SOUZA, D. A; CUNHA, C. V. A. Física nuclear no ensino médio: uma sequência didática com enfoque CTS. **Ensino em Foco**, v. 1, n. 2, p. 44–54, 2018.

SOUZA, M. A. M; DANTAS, J. D. Fenomenologia nuclear: uma proposta conceitual para o ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 1, p. 136–158, 2010.

STIMSON, H. L. et al. **Notes of the Interim Committee Meeting**. 1945.

SYNGE, R. L. M. The Scientist's Responsibilities. **Nature**, v. 172, n. 4367, p. 62–64, 1953.

SZILARD, L. What is wrong with us?. 1942. *In: Leo Szilard: His Version of the Facts Selected Recollections and Correspondence*. v. 2, p.153-160. 1978.

_____. **Leo Szilard: His Version of the Facts Selected Recollections and Correspondence**. v. 2, p. 239, 1978.

TELLER, E. [Carta] 2 jul. 1945, Santa Fé [para] SZILARD, L., Chicago. Document 104. *In: Leo Szilard: His Version of the Facts Selected Recollections and Correspondence*. v. 2, p. 208, 1978.

_____. Atomic Scientists Have Two Responsibilities. **Bulletin of the Atomic Scientists**, v. 3, n. 12, p. 355–356, 1947.

THOMSON, J. J. XXIV. On the structure of the atom: an investigation of the stability and periods of oscillation of a number of corpuscles arranged at equal intervals around the circumference of a circle; with application of the results to the theory of atomic structure. **Philosophical Magazine Series 6**, v. 7, n. 39, p. 237–265, 1904.

_____. Cathode Rays. **Philosophical Magazine**, v. 44, n. 269, p. 293–316, 1897.

THOMPSON, M. et al. **Conexões: Ciências da Natureza e Suas Tecnologias**. São Paulo: Moderna, 2020.

TORRES, C. M. A. et al. **Física: ciência e tecnologia**. 4. ed. São Paulo: Moderna, 2016.

UREY, H. C. et al. Comments on Dr. Bridgman's Article. **Bulletin of the Atomic Scientists**, v. 4, n. 3, p. 72–75, 1948.

VÁLIO, A. B. M. et al. **Física**. 3. ed., São Paulo: SM, 2016.

VASCONCELLOS, C. M. E; MANSANI, R. S. As conferências internacionais de yalta e potsdam e sua contribuição à construção da hegemonia econômica internacional norte americana no capitalismo do após 2ª guerra mundial. **Relações Internacionais do Mundo Atual**, v. 2, n. 16, p. 41–55, 2013.

VERHOOG, H. The Responsibilities of Scientists. **Minerva**, v. 19, n. 4, p. 582–604, 1981.

VILLARD, P. U. Sur la réflexion et la réfraction des rayons cathodiques et des rayons déviables du radium. **Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences**, v. 130, p. 1010–1012, 1900.

WALL, C. E. The bulletin of the atomic scientists. **Serials Review**, v. 1, n. 4, p. 11–15, 1975.

WEAVER, W; et al. The Moral Un-Neutrality of Science. **Science**, v. 133, n. 3448, p. 255–262, 1961.

WERNER, C. T. R. et al. Proposta para abordagem de tópicos de Física Nuclear no ensino médio: análise de atividades com professores de Física em formação inicial. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 38, n. 1, p. 513–537, 2021.

YAMAMOTO, K.; FUKU, L. F. **Física para o ensino médio**. 4. ed. São Paulo: Saraiva, 2016.