

RESSALVA

Atendendo solicitação do autor, o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a parti de 04/08/2024.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS
CAMPUS DE BAURU**

IGOR MACHADO NOSSA

**AVALIAÇÃO DE RISCOS NO ENSINO DAS RADIAÇÕES IONIZANTES: UMA
ANÁLISE DAS OBRAS APROVADAS DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO E
DO MATERIAL DIDÁTICO (2021-2024)**

Bauru
2022

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA

IGOR MACHADO NOSSA

**AVALIAÇÃO DE RISCOS NO ENSINO DAS RADIAÇÕES IONIZANTES: UMA
ANÁLISE DAS OBRAS APROVADAS DO PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO E
DO MATERIAL DIDÁTICO (2021-2024)**

Dissertação apresentada à Faculdade de
Educação em Ciências de Bauru – UNESP
como parte dos requisitos para obtenção do
título de mestre.

Orientador:
Prof. Dr. Leandro Londero da Silva

Nossa, Igor Machado.

Avaliação de riscos no ensino das radiações ionizantes: uma análise das obras aprovadas do programa nacional do livro e do material didático (2021-2024)/ Igor Machado Nossa. - Bauru, 2022
161 p.

Dissertação (Mestrado)-Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências, Bauru
Orientador: Leandro Londero da Silva

1. Avaliação de riscos. 2. PNLD. 3. Radiações Ionizantes. I. Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências. II. Título.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Campus de Bauru



ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE Mestrado de IGOR MACHADO NOSSA, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM EDUCAÇÃO PARA A CIÊNCIA, DA FACULDADE DE CIÊNCIAS - CAMPUS DE BAURU.

Aos 03 dias do mês de agosto do ano de 2022, às 15:00 horas, no(a) Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da UNESP, campus São José do Rio Preto, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE Mestrado de IGOR MACHADO NOSSA, intitulada **Avaliação de Riscos no Ensino das Radiações Ionizantes: uma análise das obras aprovadas do Programa Nacional do Livro e do Material Didático (2021- 2024)**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Prof. Dr. LEANDRO LONDERO DA SILVA (Orientador(a) - Participação Presencial) do(a) Departamento de Educação / Instituto de Biociências Letras e Ciências Exatas de São José do Rio Preto, Prof. Dr. MAURICIO PIETROCOLA PINTO DE OLIVEIRA (Participação Presencial) do(a) Departamento de Metodologia do Ensino e Educação Comparada / Faculdade de Educação / Universidade de São Paulo, Profa. Dra. GISELLE WATANABE CARMELLO (Participação Presencial) do(a) Centro de Ciências Naturais e Humanas / Universidade Federal do ABC. Após a exposição pelo mestrando e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial, 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.


Leandro Londero da Silva

Prof. Dr. LEANDRO LONDERO DA SILVA

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, por toda dedicação, carinho e educação, que me possibilitaram chegar até aqui.

Às minhas irmãs, pelo companheirismo e por toda uma infância compartilhada.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Leandro Londero, pelos inúmeros ensinamentos acadêmicos, culturais e humanos. Por tanta dedicação e coerência em tudo que se dispõe a fazer. As leituras, sugestões e orientações foram fundamentais, pois me fizeram evoluir quanto pesquisador.

A todos os meus professores, desde a pré-escola até a pós-graduação, por tudo que me ensinaram e pelo exemplo que foram e continuam sendo para mim.

A todos os colegas da equipe de pesquisa “Susana Lehrer de Souza Barros” pela companhia agradável, pelas discussões e pelos muitos ensinamentos.

Aos membros da banca, Prof. Dr. Mauricio Pietrocola Pinto de Oliveira e Profa. Dra. Dra. Giselle Watanabe.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) – Número do Processo: 88887.604778/2021-00

RESUMO

No passado, a compreensão do risco não era um foco nos documentos educacionais. Essa perspectiva começou a ser incorporada recentemente nos documentos balizadores da educação brasileira. Consideramos que uma possibilidade de iniciarmos o diálogo sobre a avaliação de riscos na Educação em Ciências é olharmos a maneira pela qual materiais escolares impressos permitem aos alunos avaliarem e lidarem com situações de risco. O presente projeto partiu das considerações mencionadas anteriormente e da constatação da ausência, na literatura consultada, de um estudo que analise materiais escolares impressos na perspectiva da análise de riscos. Diante disso, objetivamos avaliar e refletir criticamente sobre a adequação dos materiais escolares impressos no que tange a avaliação de riscos, especificamente no tópico de Radiações Ionizantes. Dessa forma, consideramos fundamental iniciar esse diálogo no contexto brasileiro e um fator que provavelmente será importante para a prática atual de ensino é o conteúdo dos livros escolares. Por esse motivo, decidimos, em um primeiro momento, focar nossa atenção para a análise dos materiais didáticos impressos. Para tanto, selecionamos como material de análise, os projetos integradores e as obras didáticas do Programa Nacional do Livro e do Material Didático do governo federal brasileiro. Construímos categorias de análises e analisamos os dados coletados por meio da Teoria da Sociedade de Risco de Ulrich Beck. Os parâmetros construídos são: O desenvolvimento científico e o surgimento do Risco Manufaturado; Efeitos biológicos dos Riscos; Implicações dos Riscos Ambientais; Limites de tolerância e; Reflexividade. Das sete coleções didáticas analisadas, duas não inseriram enunciações sobre os riscos e as outras cinco inseriram parcialmente. Dos parâmetros analisados, o que se fez mais presente foi o Efeito Biológico dos Riscos. Algumas coleções inseriram avaliações de riscos por meio de perguntas e atividades. Quanto aos projetos integradores apenas um apresentava conteúdo sobre as Radiações. Este projeto integrador apresentou parcialmente as questões de risco. As análises indicaram que há carência da temática dos riscos nas coleções didáticas, porém existem alguns momentos que permitem trabalhar as questões de risco durante o ensino do tópico de Radiações Ionizantes.

Palavras-chave: Avaliação de riscos, PNLD, Radiações Ionizantes.

ABSTRACT

In the past, understanding risk was not a focus in educational documents. This perspective has recently begun to be incorporated into the documents that guide Brazilian education. We consider that one possibility to start a dialogue on risk assessment in Science Education is to look at the way in which printed school materials allow students to assess and deal with risk situations. The present project started from the considerations mentioned above and from the absence, in the consulted literature, of a study that analyzes printed school materials from the perspective of risk analysis. In view of this, we aim to evaluate and critically reflect on the suitability of printed school materials in terms of risk assessment, specifically in the topic of Ionizing Radiations. In this way, we consider it essential to initiate this dialogue in the Brazilian context and a factor that will probably be important for the current teaching practice is the content of school books. For this reason, we decided, at first, to focus our attention on the analysis of printed teaching materials. In order to do so, we selected as material for analysis, the integrative projects and the didactic works of the National Book and Teaching Material Program of the Brazilian federal government. We built categories of analysis and analyzed the data collected through Ulrich Beck's Risk Society Theory. The parameters constructed are: Scientific development and the emergence of Manufactured Risk; Biological Effects of Risks; Implications of Environmental Risks; Tolerance limits and; reflexivity. Of the seven didactic collections analyzed, two did not include statements about the risks and the other five did partially. Of the parameters analyzed, the most present was the Biological Effect of Risks. Some collections have inserted risk assessments through questions and activities. As for the integrating projects, only one presented content about Radiations. This integrative project partially presented the risk issues. The analyzes indicated that there is a lack of the theme of risks in the didactic collections, but there are some moments that allow working on risk issues during the teaching of the topic of Ionizing Radiations.

Keywords: Risk assessment, PNLD, Ionizing radiation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	- Matriz de Riscos	85
Figura 2	- Imagem de uma radiografia.....	113
Figura 3	- Explosão nuclear ao lado esquerdo e usina nuclear ao lado direito	114
Figura 4	- Regiões atingidas pela radiação do acidente de Chernobyl.....	114
Figura 5	- Pirâmide de escala de acidentes nucleares.....	115
Figura 6	- Doenças causada pela radiação.....	118
Figura 7	- Esquema sobre doses de radiação que uma pessoa pode absorver.....	125
Figura 8	- Tabela com doses e efeitos biológicos.....	126
Figura 9	- Tabela com radionuclídeos usados em exames.....	130
Figura 10	- Contador Geiger.....	131
Figura 11	- Exame de tomografia.....	134
Figura 12	- Imagem de uma tomografia.....	135
Figura 13	- Máquina de radioterapia.....	135
Figura 14	- Tambores de lixo nuclear.....	143
Figura 15	- Comparação entre morangos: a esquerda morangos que foram irradiados e a direita morangos que não foram irradiados.....	145
Figura 16	- Edema causado por exposição à radiação.....	146
Figura 17	- Máquina de tomografia.....	146

LISTA DE QUADROS

Quadro 1	- Visão geral das definições especializadas do risco.	28
Quadro 2	- Resultados de aprendizagem esperados por tema	61
Quadro 3	- Objetivos, por subtemas e níveis de educação para cada um dos cinco temas	62
Quadro 4	- Relação de <i>idade</i> e <i>ano escolar</i> para a Escola Primária e Secundária	66
Quadro 5	- Estrutura do currículo inglês	69
Quadro 6	- Competências gerais presentes na BNCC	71
Quadro 7	- Competências específicas de CNT contidas na BNCC	72
Quadro 8	- Habilidades de CNT presentes na BNCC	72
Quadro 9	- Obras didáticas aprovadas no PNLD (2021-2024) da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias	95
Quadro 10	- Unidades temáticas presente na CD 01	96
Quadro 11	- Unidades temáticas presente na CD 02	96
Quadro 12	- Unidades temáticas presente na CD 03	97
Quadro 13	- Unidades temáticas presente na CD 04	97
Quadro 14	- Unidades temáticas presente na CD 05	98
Quadro 15	- Unidades temáticas presente na CD 06	98
Quadro 16	- Unidades temáticas presente na CD 07	99
Quadro 17	- Projetos Integradores aprovados no PNLD (2021-2024) da área de Ciências da Natureza e Suas Tecnologias	99
Quadro 18	- Temas integradores e unidades temáticas presente no PI 01	100
Quadro 19	- Temas integradores e unidades temáticas presente no PI 02	101
Quadro 20	- Temas integradores e unidades temáticas presente no PI 03	101
Quadro 21	- Temas integradores e unidades temáticas presente no PI 04	102
Quadro 22	- Temas integradores e unidades temáticas presente no PI 05	102
Quadro 23	- Temas integradores e unidades temáticas presente no PI 06	103
Quadro 24	- Temas integradores e unidades temáticas presente no PI 07	103
Quadro 25	- Temas integradores e unidades temáticas presente no PI 08	104
Quadro 26	- Temas integradores e unidades temáticas presente no PI 09	104
Quadro 27	- Temas integradores e unidades temáticas presente no PI 10	105
Quadro 28	- Temas integradores e unidades temáticas presente no PI 11	105
Quadro 29	- Temas integradores e unidades temáticas presente no PI 12	106
Quadro 30	- Temas integradores e unidades temáticas presente no PI 013	106
Quadro 31	- Parâmetros de análise	107
Quadro 32	- Síntese das diversas aplicações da radiação presente nas Coleções Didáticas	149
Quadro 33	- Presença de oportunidades de trabalhar os parâmetros estabelecidos em cada coleção didática	151

SUMÁRIO

	PREFÁCIO.....	12
1	INTRODUÇÃO.....	14
2	A TEORIA DA SOCIEDADE DE RISCO DE ULRICH BECK.....	22
2.1	O CONCEITO DE RISCO.....	22
2.2	CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS.....	30
3	AVALIAÇÃO DE RISCO EM DOCUMENTOS EDUCACIONAIS E INSTITUCIONAIS.....	40
3.1	O RISCO NOS ESTUDOS E PESQUISAS EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS.....	41
3.2	O RISCO EM CURRÍCULOS EDUCACIONAIS.....	56
3.2.1	Referencial de Educação para o Risco (RERisco).....	58
3.2.2	The Australian Curriculum.....	65
3.2.3	The National Curriculum in England.....	68
3.2.4	A Base Nacional Comum Curricular do Brasil (BNCC).....	70
3.3	O RISCO EM DOCUMENTOS INSTITUCIONAIS.....	77
3.3.1	Risk Characterization Handbook.....	77
3.3.2	Technical Guidance Document on Risk Assessment.....	79
3.3.3	Managing Disaster Risks for World Heritage.....	82
3.3.4	Plano de Integridade da CNEN.....	83
4	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	90
4.1	MANUAIS ESCOLARES ANALISADOS.....	93
4.2	PROJETOS INTEGRADORES ANALISADOS.....	99
4.3	PROCEDIMENTOS PARA ANALISAR OS MANUAIS ESCOLARES...	106
5	RESULTADOS.....	109
5.1	SÍNTESE DOS RESULTADOS	148

6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	153
	REFERÊNCIAS.....	157

PREFÁCIO

A dissertação que apresento é fruto de inquietações vivenciadas por mim desde os tempos de graduação, quando pesquisei sobre o Ensino da Física das Radiações (EFRI) Ionizantes na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, campus IBILCE.

Nessa pesquisa, realizei o levantamento do panorama, em âmbito nacional e internacional, das pesquisas sobre o Ensino da Radiações. A partir da leitura desses trabalhos, foi possível constatar a presença, em poucos estudos, dos termos Risco e Educação para o Risco. Esses trabalhos mostraram as diversas possibilidades do EFRI partindo de uma perspectiva diferente do habitual, uma perspectiva que levava em conta aspectos de uma Educação para o Risco. Neste momento, meu entendimento sobre o termo “risco” limitava-se ao significado de que era a probabilidade de algum evento indesejado ocorrer.

Com esforço por parte do nosso grupo de pesquisa, iniciamos a leitura de trabalhos que apresentavam noções de risco, seja no aspecto mais sociológico, até na introdução dos riscos ao ensino de ciências. Entretanto, pouco ou quase nada dos referenciais eram pesquisas brasileiras, tal insatisfação de não existir um quantitativo de pesquisas sobre o Risco em âmbito brasileiro, e nenhuma pesquisa relacionando os Riscos com a EFRI, foi o que originou a busca por respostas nesta dissertação.

O que pretendemos neste trabalho é mostrar que há possibilidades para que as práticas desenvolvidas dentro da Educação em Ciências se tornem mais representativas no que diz respeito à formação dos futuros professores de Física.

A partir desta experiência, comecei a me questionar sobre qual formação científica poderia proporcionar aos meus futuros alunos com o auxílio da perspectiva da Educação para o Risco que poderiam ser desenvolvidas nas aulas de Física do Ensino Médio. Visto que eu mesmo estava sendo formado em uma racionalidade científicista, onde a ciência é vista como solucionadora dos problemas e, muito provavelmente, culminaria em disseminar esta mesma racionalidade ao longo de minha prática docente. Sendo assim, apresento neste trabalho, o fruto dessas indagações embasados em um amplo estudo bibliográfico sobre a Sociedade do Risco, no que diz respeito às suas formas de utilização, objetivos e contribuições formativas e dos escritos críticos do sociólogo alemão Ulrich Beck que nos permitirá

buscar a identificação das racionalidades envolvidas no EFRI que constituem os aulas de Física vivenciados por estudantes do ensino médio de todo o Brasil.

1 INTRODUÇÃO

O risco é um conceito importante na sociedade moderna. O sociólogo Ulrich Beck chega a afirmar que a sociedade moderna é caracterizada pelo risco. Diariamente tomamos decisões que envolvem a avaliação de riscos, a fim de obtermos benefícios ou diminuirmos os impactos deles.

Com a modernidade observamos a introdução de tecnologias que criaram riscos em uma escala maior - riscos que não são restritos no tempo e no espaço. Assim, a importância do risco como conceito está aumentando (BECK, 1992). Esse ponto de vista é corroborado por estudos sobre o uso do termo risco. Zinn (2010), por exemplo, encontrou um aumento do uso do termo nas reportagens de jornais desde a Segunda Guerra Mundial.

Uma análise de como o risco é utilizado e conceitualizado na literatura acadêmica foi alvo da pesquisa realizada por Schenk et al. (2019). O objetivo da investigação foi o de identificar características potencialmente importantes de risco no ensino de ciências. Por meio da análise, os autores identificaram sete elementos inter-relacionados de risco que são importantes para a compreensão e discussão dos riscos no ensino de ciências.

A característica mais marcante da palavra risco emergente da literatura é que ela é altamente polissêmica, tendo diferentes usos técnicos e cotidianos. Schenk et al. (2018) ilustra a polissemia da palavra na linguagem cotidiana com três exemplos de uso encontrados em textos não-técnicos: (a) Risco como um **evento indesejado** que pode ou não ocorrer: a frase “câncer de pele é o risco mais conhecido de luz ultravioleta” é um exemplo de risco referido como evento indesejado, ou seja, o evento de manifestação de câncer de pele; (b) Risco como **causa** de um evento indesejado que pode ou não ocorrer: a frase “Bronzeamento excessivo, especialmente em idade jovem, é um risco” é um exemplo de risco como causa de um evento indesejado, no qual o bronzeamento é o risco propriamente dito e ele poderá ser responsável por causar um câncer; (c) Risco como a **probabilidade de um evento indesejado que pode ou não ocorrer**. Talvez explícita ou implicitamente expressa como quantificável: a frase “Evitar queimaduras solares e bronzeamento são formas eficientes de reduzir o risco de desenvolver câncer de pele”, no qual “risco” pode ser substituído por “probabilidade”, é um exemplo de risco como a probabilidade de um evento indesejado.

Esses três exemplos mostram que o termo risco pode ser usado de maneira muito diferente nos contextos cotidianos, nos quais o significado do conceito geralmente não recebe atenção explícita.

Na literatura técnica/disciplinar, as diferenças no significado do risco são ainda mais evidentes. Althaus (2005) e Renn (1992) revisaram o uso do conceito de risco em diferentes disciplinas acadêmicas e ambos os estudos ilustram que as perspectivas ontológicas e epistemológicas variam entre as disciplinas. Ter entendimentos variáveis da mesma palavra ou conceito não é um fenômeno incomum. No entanto, quanto ao risco, essa variabilidade pode dificultar a comunicação sobre riscos (BOHOLM et al., 2016), entre leigos e especialistas ou entre especialistas de diferentes origens.

Entre os estudos que concentraram esforços na projeção de definições transdisciplinares de risco podemos citar Aven e Renn (2009), Rosa (1998), Fischhoff, Watson e Hope (1984) e Veyret (2013). Em minha pesquisa utilizarei a noção de Risco explicitada por Veyret (2007).

O risco, objeto social, define-se como a percepção do perigo, da catástrofe possível. Ele existe apenas em relação a um indivíduo e a um grupo social ou profissional, uma comunidade, uma sociedade que o apreende por meio de representações mentais e com ele convive por meio de práticas específicas. Não há risco sem uma população ou indivíduo que o perceba e que poderia sofrer seus efeitos. Correm-se riscos, que são assumidos, recusados, estimados, avaliados, calculados. O risco é a tradução de uma ameaça, de um perigo para aquele que está sujeito a ele e o percebe como tal (VEYRET, p. 11).

Diante de situações dessa natureza, ainda que seja possível, com certa limitação, identificar alguns dos riscos iminentes numa sociedade, somos incapazes de apontar com clareza os verdadeiros responsáveis pelo agravamento da crise socioambiental. Essa incapacidade de reconhecer os ‘agressores’ e os potenciais riscos envolvidos numa ação é quase sempre revertida na impunidade. (WATANABE-CARMELLO, 2012).

As percepções dos cidadãos comuns quanto aos riscos não são irracionais ou puros problemas de informação, mas sim produtos de processos complexos que definem o que é aceitável, o que é digno, o que está de acordo com as suas maneiras de ser, pensar e agir, ou seja, com as suas identidades (MENDES, 2015).

Os riscos estão dependentes do conhecimento científico, e as posições de risco são muitas vezes invisíveis (por exemplo, quanto aos efeitos da radioatividade). Mas

isto não é suficiente para definir os riscos conceitualmente, dado que as afirmações sobre os perigos nunca são redutíveis à simples afirmação e descrição de fatos. Nos riscos há sempre uma componente teórica e uma componente normativa (BECK, 1992, p. 26).

A necessidade de reflexões autocríticas na Educação para o Risco tem se tornado, a cada dia, mais indispensável, pois a pergunta central neste campo do conhecimento humano recai sobre a origem dos riscos de desastres. Será que todos os desastres e recordes climáticos atualmente noticiados são naturais? Ou seriam produtos da sociedade? (BECK, 1998; KOBIYAMA et al., 2006). Essa pergunta remete a uma postura, antes de tudo, autocrítica sobre os riscos que assolam a humanidade.

Nas situações em que o conhecimento e o risco científicos estão conectados, a Educação para a Ciência pode se relacionar com a confiança dos jovens em participar da tomada de decisões e em exercer controle pessoal em relação à incerteza (por exemplo, por meio da avaliação de riscos).

Neste sentido, estabelecer um vínculo entre a educação e risco/prevenção de desastres, significa, também, um enfrentamento dos desafios inerentes à vida, mas com um olhar de aprendizagem, para que se possa orientar posicionamentos críticos quanto aos hábitos sócio-histórico-culturais relevantes à busca por resiliência.

A noção de risco e avaliação de risco já foi alvo de pesquisas na Educação Científica (PIETROCOLA e SOUZA, 2019; SCHENK et al., 2019; WOJCIK, et al., 2019; HANSEN e HAMMANN, 2017 MEYER, 2012; LEVINSON, KENT, PRATT, KAPADIA e YUGI, 2012; GARDNER e JONES, 2011; CHRISTENSEN, 2009; GARDNER et al., 2009; BORROWS, 2008; RENN, 2008; KOLSTØ, 2006; SOLOMON, 2003; EIJKELHOF, 1996; CROSS, 1993; KEREN e EIJKELHOF, 1991; EIJKELHOF, 1986; HOWES, 1975).

A primeira sugestão para incluir a compreensão de riscos na Educação em Ciências foi provavelmente feita por Howes (1975) em relação à discussão dos riscos de energia nuclear com estudantes do Ensino Médio. Posteriormente, Eijkelhof (1990) descreveu as razões para a inclusão da avaliação de riscos nos currículos científicos (CHRISTENSEN, 2009).

O risco é frequentemente, mas nem sempre, incluído nas discussões e sugestões de currículos visando à alfabetização científica. Por exemplo, Ryder (2001) analisou muitos estudos de caso de engajamento público com ciência e/ou com cientistas, objetivando produzir uma estrutura para o conteúdo a ser incluído na

alfabetização científica funcional. Ele identificou o risco como um dos vários aspectos a serem considerados no ensino sobre os aspectos sociais e epistemológicos da ciência para a alfabetização científica.

Da mesma maneira, Millar (2006) descreveu a estrutura do curso de um projeto piloto com o objetivo de desenvolver um currículo focado na alfabetização científica, em que o risco constituísse uma das seis “ideias centrais sobre ciência”.

O risco também está incluído nas pesquisas com abordagem CTS (Ciência e Tecnologia na Sociedade), seja explicitamente, como na investigação conduzida por Solomon (2003) cujo objetivo foi o de investigar o que é necessário para tornar as questões de risco significativas na sala de aula de ciências, ou implicitamente, por meio da ideia central de incluir questões controversas nas quais aspectos científicos e sociais que envolvam o risco precisam ser considerados.

No passado, a compreensão do risco não era um foco nos documentos balizadores da educação brasileira. Essa perspectiva começou a ser incorporada recentemente com a Base Nacional Comum Curricular que, por exemplo, ao descrever a competência específica 1, da área de Ciências da Natureza e suas Tecnologias, apresenta que:

“Nesta competência específica, os fenômenos naturais e os processos tecnológicos são analisados sob a perspectiva das relações entre matéria e energia, possibilitando, por exemplo, a avaliação de potencialidades e de limites e riscos do uso de diferentes materiais e/ou tecnologias para tomar decisões responsáveis e consistentes diante dos diversos desafios contemporâneos...” (BRASIL, 2018).

Associada a essa competência encontra-se a habilidade EM13CNT103, na qual conta:

“Utilizar o conhecimento sobre as radiações e suas origens para avaliar as potencialidades e os riscos de sua aplicação em equipamentos de uso cotidiano, na saúde, na indústria e na geração de energia elétrica”. (BRASIL, 2018)

Na habilidade EM13CNT306, da competência 3, também encontramos explícita a avaliação de riscos.

“Avaliar os riscos envolvidos em atividades cotidianas, aplicando conhecimentos das Ciências da Natureza, para justificar o uso de

equipamentos e comportamentos de segurança, visando à integridade física, individual e coletiva, e socioambiental” (BRASIL, 2018).

Perante isso, consideramos fundamental iniciarmos esse diálogo no contexto brasileiro e um fator que provavelmente será importante para a prática atual de ensino é o conteúdo dos livros escolares. Por esse motivo, decidimos, em um primeiro momento, focar nossa atenção para a análise dos livros didáticos.

É no campo da Educação em Ciências, mais especificamente, na área de Ensino de Física que estamos interessados. Pensamos que o Ensino de Física precisa ser complementado com a compreensão de riscos e desenvolvimento de atividades para avaliar e lidar com riscos.

Para tanto, uma possibilidade de iniciarmos o diálogo sobre a avaliação de riscos na Educação em Ciências é olharmos a maneira pela qual materiais escolares impressos permitem aos alunos avaliarem e lidarem com situações de risco. Além disso, o presente projeto partiu das considerações mencionadas anteriormente e da constatação da ausência, na literatura consultada, de um estudo que analise materiais escolares impressos na perspectiva da análise de riscos.

Perante isso, este projeto tem por ***objetivo avaliar e refletir criticamente sobre a adequação dos materiais escolares impressos de Física/Ciências, da Educação Básica brasileira, na avaliação de riscos, especificamente no tópico de Radiações Ionizantes, por meio da Teoria da Sociedade de Risco de Ulrich Beck.***

Como objetivos específicos elenco os seguintes:

- a) analisar e refletir acerca da inclusão da avaliação de riscos em materiais didáticos impressos de Ciências/Física, destinados ao Ensino Médio;
- b) contribuir para o estabelecimento de parâmetros que favoreçam a institucionalização de políticas que contemplem a inclusão da Educação para o Risco nos materiais didáticos de Física e, de maneira mais geral, na Educação em Ciências;
- c) avaliar as potencialidades e delimitações da Teoria da Sociedade de Risco, de Ulrich Beck, como referencial teórico de análise de dados de pesquisa que envolvam a Educação para o Risco.

Assim, procuraremos responder o seguinte problema: ***Em que medida a apresentação das Radiações Ionizantes em materiais didáticos impressos***

destinados ao Ensino de Física/Ciências permite aos alunos avaliarem e lidarem com situações de risco?

As questões que permearão este estudo são:

1) Como os livros didáticos brasileiros lidam com o tópico de Radiações Ionizantes na perspectiva da análise de risco?

2) As obras analisadas inserem avaliações de risco? Em caso positivo, como elas inserem estas avaliações?

3) De que maneira o ensino sobre riscos e avaliação de riscos presente nos livros didáticos contribui para a aprendizagem das Radiações Ionizantes?

A perspectiva de risco foi escolhida para este estudo pelo motivo pelo qual os riscos de radiação ionizante aparecem com muita frequência no mundo cotidiano dos relatos da mídia; aplicações de radioatividade são particularmente propensas a serem cercadas de controvérsia e debate público. Se for considerado importante que os alunos compreendam os pontos em questão nesses debates, seria difícil evitar os aspectos de risco da radiação ionizante. Também é sabido que a radioatividade e a radiação ionizante estão, na percepção do público, fortemente associadas a questões de riscos e segurança. As atitudes são muitas vezes tão fortes que o conhecimento científico dificilmente parece ter um papel no raciocínio sobre o assunto. Isso torna particularmente difícil tentar ensinar o assunto dentro de uma perspectiva de risco.

A partir do desenvolvimento de estudos com foco no Ensino das Radiações Ionizantes (Nossa e Londero, 2021; Nossa, Mendes e Londero, 2019a; Nossa, Mendes e Londero, 2019b; Nossa, Mendes e Londero, 2018), é possível inferir a pertinência desta na temática nas discussões de Física Moderna e Contemporânea. Ainda, percebemos um alto potencial de discussão dos riscos que envolvem as radiações ionizantes (risco de um exame médico, risco de um acidente nuclear, risco de câncer etc.). Por fim, a escolha desse tema se justifica, também, pelo fato de Beck (2010) utilizar a radioatividade como exemplo de um risco invisível presente na sociedade atual.

A análise dos materiais didáticos impressos poderá indicar alterações necessárias no conteúdo textual e imagético, visando promover a capacidade dos alunos na análise e avaliação de riscos das radiações ionizantes, ou seja, os resultados de nosso estudo poderão fornecer subsídios para o tópico de radiações ionizantes.

A pesquisa que realizaremos soma-se ao conjunto de estudos que centram atenção na análise das coleções didáticas integrantes do PNLD. No entanto, por meio da Teoria da Sociedade de Risco de Ulrich Beck abrimos caminho para investigar os manuais escolares sobre uma outra perspectiva teórica.

Nossa investigação pode ser justificada pelo fato de que, nas últimas décadas, o tema risco passou a ser inserido nos currículos de ciências e nos programas educacionais das escolas de alguns países.

Em Portugal temos a Recomendação no 5 de 2011, intitulada “Educação para o Risco”. Na Inglaterra temos o Qualifications and Curriculum Development Agency, (2011). Já nos Estados Unidos o Science Education for Public Understanding Program (2011). Por sua vez, na Austrália o Australian Curriculum, Assessment and Reporting Authority, (2011).

Como explicitou Pietrocola e Souza (2020), em todos estes documentos encontramos unidades de aprendizagem sobre avaliação de riscos. No entanto, esses autores destacam que “em muitos outros países e especialmente no Brasil, os currículos estão muito distantes de incorporar aspectos da sociedade de risco” (p. 65).

Jenkins (2000) defendeu uma mudança de paradigma na Educação em Ciências que aborda o fato de que, “o mundo se mostra muito mais complicado, incerto e arriscado do que a ciência escolar incentiva os alunos a acreditar, e o poder da ciência para explicar, prever e controlar acaba por ser severamente limitado” (p. 211). Ele sugere que a inclusão da avaliação de riscos no ensino de ciências é importante porque esse contexto de incerteza e complexidade é aquele no qual a maioria dos estudantes encontra a ciência em suas vidas.

Ele sugere que a inclusão da avaliação de riscos na Educação em Ciências é importante porque esse contexto de incerteza e complexidade é aquele no qual a maioria dos estudantes encontra a ciência em suas vidas.

Sendo assim, apresento o conteúdo de cada um dos capítulos que compõem esse trabalho.

No primeiro capítulo apresentamos a Teoria da Sociedade de Risco de Ulrich Beck, nosso entendimento sobre risco e uma possível classificação para os riscos.

A seguir, no segundo capítulo, descrevemos um conjunto de documentos em que a avaliação de risco se faz presente, tanto documentos educacionais e institucionais.

No terceiro capítulo relato, com base na literatura consultada, algumas pesquisas desenvolvidas acerca do risco na Educação em Ciências.

Na sequência, apresento, no quarto capítulo, os procedimentos metodológicos adotados para o desenvolvimento de nosso estudo.

Finalizo com as considerações que chegamos, até o presente momento, e o cronograma para a finalização do estudo.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados encontrados percebe-se que as coleções didáticas 01 e 06 não contemplaram os fatores de riscos no conteúdo de radiações, não seguindo as indicações da BNCC, apesar de ambas citarem as habilidades referentes ao ensino de radiações. As demais coleções apresentaram questões de riscos como o exigido pela BNCC. Contudo, vale destacar que, da mesma maneira que a BNCC, as coleções elencam os riscos de forma pouco aprofundada. Como apresentado no capítulo 3 desta dissertação, a BNCC ainda é muito superficial no que tange às questões de risco se comparada com documentos como o de Portugal e da Inglaterra. E seguindo a proposta da BNCC, as coleções por si só não são capazes de preparar o aluno para um pensamento reflexivo como exigido pela Teoria da Sociedade de Risco.

Assim, temos que para a análise dos riscos, 5 das 7 coleções oferecem momentos oportunos onde o aluno deverá compreender os riscos envolvidos com a utilização das radiações ionizantes. Em muitos casos, essa análise de risco é feita a partir das questões dos efeitos biológicos causados pelas radiações. Também, em alguns casos, a análise é feita a partir de acidentes nucleares que ocorreram na história e causaram danos para a sociedade e para o meio ambiente.

Quanto à inserção de avaliação de riscos, as obras 03, 04 e 07 apresentaram situações onde é necessário que o aluno realize uma avaliação dos riscos. É o caso, por exemplo, da CD03 que apresenta a seguinte atividade:

Quais são os riscos à saúde que uma pessoa tem ao se alimentar de um fruto contendo radiotraçadores? (p. 103)

Ademais as outras obras que apresentaram avaliações de risco, fizeram da mesma maneira, utilizaram questões onde indagavam o aluno sobre como ele faria a tomada de decisão em uma situação que envolve risco e, em algumas atividades, ainda foi solicitado como o aluno explicaria isso para outra pessoa, é o caso da CD04:

Como você explicaria a uma pessoa o risco de sua exposição a um exame de tomografia computadorizada e de raio-X? (p. 151)

Em vista disso, temos que menos da metade das coleções apresentaram alguma situação onde o aluno era solicitado a fazer uma avaliação de riscos. Nas

coleções que se faz presente, as avaliações foram inseridas por meio de atividades e problemas. Acreditamos que esse tipo de atividade é muito importante, principalmente na temática dos riscos, uma vez que elas exigem que o aluno aplique os conceitos físicos envolvidos e faça uma reflexão de como esses conceitos afetam uma determinada circunstância, como mostrado acima.

As coleções didáticas e o projeto integrador 11 apresentaram diversos exemplos de tecnologias utilizadas no cotidiano e que possuem algum tipo de radiação envolvida. Pensando em como ensinar sobre avaliação de riscos dentro da temática das Radiações Ionizantes temos que, os exemplos de tecnologias que usufruem das radiações, são ótimas oportunidades para se inserir a ideia do Risco Manufaturado, pois como muito reforçado por Beck, o avanço da ciência e as produções tecnológicas geraram riscos que não existiam no mundo até então. E, para que tenhamos uma Modernização Reflexiva, como proposta por Beck, é necessário que os estudantes aprendam o quanto antes como é a própria produção tecnológica responsável por cada vez mais gerar riscos incalculáveis e que atingem a todos. Apesar dos pontos positivos da ciência de tentar compreender melhor o mundo e buscar melhores condições de vida, em diversos momentos a própria ciência tem responsabilidade por fatores que impactam o meio ambiente.

Racionalidade e irracionalidade da ciência jamais serão uma mera questão de presente e futuro, envolvendo também uma questão de futuros possíveis. Podemos aprender com nossas falhas – isto também quer dizer: uma outra ciência é sempre possível. Não apenas uma outra teoria, e sim uma outra teoria do conhecimento, uma outra relação entre teoria e práxis e uma outra práxis dessa relação. Se for correto que o presente nada mais é que uma hipótese que ainda podemos superar, então chegou o momento da contra-hipótese. Os “penhascos experimentais” à beira dos quais tais empreendimentos têm de se colocar são de uma obviedade gritante: o projeto da modernidade precisa de primeiros socorros. Ele corre o risco de se afogar em suas próprias anomalias. Sob a sua forma presente, a ciência é uma delas. (BECK, p. 272).

Diante dos resultados obtidos nesta dissertação, destaco que em alguns materiais didáticos permitem que os alunos se deparem com situações de riscos onde deverão, a partir de seus conhecimentos, gerenciar e avaliar a situação de risco com o intuito de fazer a tomada de decisão. É possível inferir que os efeitos biológicos dos riscos foram bem trabalhados em várias coleções, permitindo que o aluno entenda os perigos oriundos da radiação ao corpo humano.

A respeito dos Riscos Manufaturados, as coleções não abordam propriamente este conceito, contudo trazem bons exemplos desses riscos. Embora o material apresente equipamentos, a princípio benéficos para a sociedade, mas que possuem riscos envolvidos, é muito improvável que o aluno seja capaz de extrapolar isso e pensar que os Riscos Manufaturados estão presente nas mais diversas produções tecnológicas. Pois, o material didático, apresenta os riscos desses equipamentos como restritos ao fato de utilizarem radiações ionizantes. Entretanto, a própria fabricação desses equipamentos já gerou danos ao ambiente devido a extração de matéria-prima e a poluição causada pelas indústrias.

O risco ambiental, quando trabalhado, foi feito por meio de acidentes nucleares, que são fortes exemplos de como a interferência humana pode ter efeitos drásticos à natureza. Contudo, como o próprio termo “acidente” remete, esses riscos se limitam a causas inesperadas e/ou erros que não deveriam ter acontecido. Porém, a própria construção e funcionamento de usinas nucleares já oferecem riscos ao ambiente e, ainda, a questão dos lixos nucleares são essenciais quando pensamos em danos de longo prazo gerados por tais usinas. E, neste caso, não são “acidentes”, os lixos nucleares já são algo esperado e rotineiro, entretanto, os riscos que eles podem causar a longo prazo para o ambiente, são inesperados e incalculáveis.

Quanto aos limites de tolerância, poucas obras apresentaram informações relevantes sobre doses seguras e efeitos biológicos causados por diversos valores de exposição a diferentes doses. Assim, fica mais difícil ainda extrapolar as ideias desses limites como preconizado pela Teoria da Sociedade Risco, em que questiona esses limites ao elencar que estamos expostos a diversos riscos como radiações, agrotóxicos, poluição, entre outros e não sabemos como a interação destas diversas fontes de “veneno” podem influenciar o organismo humano, mesmo que dentro dos limites considerados seguros pela ciência.

Sobre a Reflexividade, algumas obras oferecem momentos onde o aluno deverá fazer uma reflexão dos impactos à sociedade e realizar uma tomada de decisão. Porém, as obras não permitem que o aluno compreenda as influências da política, da economia e da sociedade sobre a avaliação dos riscos. Seria interessante, por exemplo, se as obras apresentassem como o acidente de Cherobyl teve diversos fatores políticos e econômicos que influenciaram nas decisões tomadas pelo governo e pelas autoridades após a ocorrência do acidente.

Por isso, por meio de pesquisas como esta, procura-se evidenciar o quão essencial é a temática de riscos no contexto atual e, assim, incentivar a inserção desses tópicos em livros didáticos nacionais, em especial no conteúdo das radiações ionizantes, e reverter esse cenário preocupante.

REFERÊNCIAS

- ALTHAUS C. E. A disciplinary perspective on the epistemological Status of Risk. **Risk Analysis**, v. 25, n. 3, p. 567-588, 2005.
- AMABIS, J. M. et al. **Moderna Plus: Ciências da Natureza e Suas Tecnologias**. São Paulo: Moderna, 2020.
- ARTACHO, M. et al. **Conhecer e Transformar**. São Paulo: Editora do Brasil, 2020.
- AVEN, T.; RENN, O. On risk defined as the event where the outcome is uncertain. **Journal of Risk Research**, v. 12, n. 1, p. 1-11, 2009.
- BACICH, L.; HOLANDA, L. **Práticas na Escola: Ciências da Natureza e Suas Tecnologias**. São Paulo: Moderna, 2020.
- BECK, U. A trajetória das análises de risco, da periferia ao centro da teoria social. In **Revista Brasileira de Informação Bibliográfica em Ciências Sociais**, ANPOCS, n. 46, 1998.
- BECK, U. **Risk Society: Towards a New Modernity**. Londres: Sage, 1992.
- BECK, U. **Sociedade de risco: rumo a uma outra modernidade**. São Paulo: Editora 34, 2010.
- BEZZERA, L. M. **Ser Protagonista**. São Paulo: SM, 2020.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. **Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto (Portugal): Porto Editora, 1994.
- BORROWS, P. Health and Safety in Practical Science in Schools: a UK Perspective 2, Using Model Risk Assessments. **Science Education International**, v. 19, n. 4, p. 415-418, 2008.
- BRASIL. Ministério da Educação. Base Nacional Comum Curricular. 2018.
- CARNEVALLE, M. R. **Moderna em Projetos: Ciências da Natureza e Suas Tecnologias**. São Paulo: Moderna, 2020.
- CELLARD, A. A análise documental. In: POUPART, J. et al. (Orgs.) **A pesquisa qualitativa: enfoques epistemológicos e metodológicos**. Petrópolis: Vozes, 2008.
- CHRISTENSEN, C. Risk and school science education. **Studies in Science Education**, 45:2, 205-223, 2009.
- CROSS, R. T. The Risk of Risks: a challenge and a dilemma for science and technological education. **Research in Science & Technological Education**, v. 11, n. 2, p. 171-183, 1993.

EIJKELHOF, H. **Dealing with acceptable risk in science education**: the case of ionizing radiation, 1986.

EIJKELHOF, H. M. C. Radiation Risk and Science Education. **Radiation Protection Dosimetry**, v. 68, n 3-4, p. 273–278, 1996.

FISCHHOFF, B.; WATSON, S. R.; HOPE, C. Defining risk. **Policy Sciences**, v. 17, n. 2, p. 123-139, 1984.

FLICK, U. **Introdução à pesquisa qualitativa**. Porto Alegre: Artmed, 2009.

FOUREZ, G. Crise no ensino de ciências? **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 2, p. 109-123, 2003.

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

GARDNER, G. E.; JONES, M. G.; Science Instructors' Perceptions of the Risks of Biotechnology: Implications for Science Education. **Res. Sci. Educ.**, v. 41, p. 711–738, 2011.

GARDNER, G. et al. Students' Risk Perceptions of Nanotechnology Applications: Implications for science education. **International Journal of Science Education**, 32:14, 1951-1969, 2009.

GIDDENS, A.; LASH, S.; BECK, U. **Modernização Reflexiva**: Política, tradição e estética na ordem social moderna. São Paulo: Editora Unesp, 2012.

GIDDENS, A. **As consequências da modernidade**. São Paulo: Editora Unesp, 1991.

GIDDENS, A. **A transformação da intimidade**. São Paulo: Editora Unesp, 1994.

GODOY, L.; DELL'AGNOLO, R. M.; MELO, W. C. **Multiversos**: Ciências da Natureza. São Paulo: FTD, 2020.

HANSES, J.; HAMMANN, M. Risk in Science Instruction. The Realist and Constructivist Paradigms of Risk. **Science & Education**, v. 26, p. 749-775, 2017.

HOWES, R. W. Radiation risks-a possible teaching topic? **Physics Education**, v. 9, n. 6, p. 412-416, 1975.

KEREN, G.; EIJKELHOF, H. **Prior knowledge and risk communication**: The case of nuclear radiation and X-rays, 1991.

KOBIYAMA, M. et al. **Prevenção de desastres naturais**: conceitos básicos. Curitiba: Organic Trading, 2006.

KOLSTØ, S. D. (2006) Patterns in Students' Argumentation Confronted with a Risk-focused Socio-scientific Issue. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 14, p. 1689-1716, 2006.

LEVINSON, R.; KENT, P.; PRATT, D.; KAPADIA, R.; YOGUI, C. Risk-based decision making in a scientific issue: A study of teachers discussing a dilemma through a microworld. **Sci. Ed.**, v. 96: p. 212-233, 2012

LIMA, A. R. R.; CAMPOS, M. M.; MORAES, P. A. S. **Integrando Saberes**. São Paulo: Universo dos Livros, 2020.

LOPES, S. et al. **Identidade em Ação: Ciências da Natureza e Suas Tecnologias**. São Paulo: Moderna, 2020.

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

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MACHADO, V. **Integralis**. São Paulo: IBEP, 2020.

MENDES, J. M. Ulrich Beck: a imanência do social e a sociedade do risco. **Análise Social**, v. 214, n. 1, p. 211-215, 2015.

MENDONÇA, V. L. **De Olho no Futuro**. São Paulo: Ática, 2020.

MEYER, T. How About Safety and Risk Management in Research and Education?. **Procedia Engineering**, v. 42, p. 854–864, 2012.

MILLAR, R. Twenty first Century Science: insights from the design and implementation of a scientific literacy approach in school Science. **International Journal of Science Education**, v. 28, n. 13, p. 1499-1521, 2006.

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

NOSSA, I. M.; LONDERO, Leandro. As pesquisas sobre o ensino da física das radiações ionizantes: implicações para professores de física. **Tecné, Episteme y Didaxis: TED** (Revista de la Facultad de Ciencia y Tecnología), v. 50, p. 1616-1623, 2021.

NOSSA, I. M.; MENDES, L. G.; LONDERO, L. O que sabemos sobre propostas didáticas destinadas ao Ensino da Física das Radiações Ionizantes? **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 31, p. 483-490, 2019a.

NOSSA, I. M.; MENDES, L. G.; LONDERO, L. Análise da Inserção das Radiações Ionizantes no Currículo dos Cursos de Formação de Professores de Física do Estado de São Paulo/Brasil. **Revista de Enseñanza de la Física**, v. 31, p. 517-524, 2019b.

NOSSA, I. M.; MENDES, L. G.; LONDERO, Leandro. **A proposta de textos adicionais sobre radiações ionizantes por autores de manuais escolares de física**. In: XVII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2018, Campos do Jordão. Atas do XVII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. São Paulo: SBF, v. 1. p. 1, 2018.

PIETROCOLA, M.; SOUZA, C. R. de. A sociedade de risco e a noção de cidadania: desafios para a educação científica e tecnológica. **Linhas Críticas**, [S. l.], v. 25, p. 56-73, 2019.

PUGLIESE, G. O. **#Novo Ensino Médio**. São Paulo: Scipione, 2020.

QUADROS, E. L. L. **Redução do risco de desastres aplicado à educação em ciências**: representações de risco de alagamento por alunos de geografia. Dissertação de Mestrado, 2017.

RENN, O. **Concepts of Risk**. A Classification. In S. Krimsky & D. Golding (Eds). Social theories of risk. Westport, Conn.: Praeger, 1992.

RENN, O. Concepts of Risk: An Interdisciplinary Review Part 1: Disciplinary Risk Concepts. **Gaia-ecological Perspectives for Science and Society**, v. 17, p. 50-66, 2008.

RYDER, J. Identifying Science understanding for functional scientific literacy. **Studies in Science Education**, v. 36, p. 1-44, 2001.

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

SÃO PEDRO, A. C. C.; SCHECHTMANN, E.; MATTOS, S. H. **Vamos Juntos, Profe!** São Paulo: Saraiva, 2020.

SAVIANI, D. **Educação**: do senso comum à consciência filosófica. Campinas: Autores Associados, 1996.

SCHENK, L. et al. Teaching and discussing about risk: seven elements of potential significance for Science education. **International Journal of Science Education**, 2019.

SOLOMON, J. Risk: Why Don't They Listen to Us? **Studies in Science Education**, v. 39, n. 1, p. 125-141, 2003.

SOUZA, A. M.; RIQUEZA, E.; ARAGÃO, P. H. A. **Jovem Protagonista**. São Paulo: SM, 2020.

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

TRONOLONE, V. B. **+Ação – na Escola e na Comunidade**. São Paulo: FTD, 2020.

VEYRET, Y. **Os riscos: o homem como agressor e vítima do meio ambiente**. São Paulo: Contexto, 2007.

WALDHELM, M. et al. **Integração e Protagonismo**. São Paulo: Editora do Brasil, 2020.

WATANABE-CARAMELLO, G. **Aspectos da complexidade: contribuições da Física para a compreensão do tema ambiental**. 2012. 250 f. Tese (Doutorado) – Instituto de Física e Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2012.

WOJCIK, A. et al. Educating about radiation risks in high schools: towards improved public understanding of the complexity of low-dose radiation health effects. **Radiation and Environmental Biophysics**, v. 58, p. 13-20, 2019.

ZINN, J. O. Risk as discourse: Interdisciplinary perspectives. **Critical Approaches to Discourse Analysis Across Disciplines**, v. 4, n. 2, p. 106-124, 2010.