



PERCEÇÕES DE ESTUDANTES SOBRE USINAS NUCLEARES E O RESÍDUO RADIOATIVO

STUDENT PERCEPTIONS ABOUT NUCLEAR PLANTS AND RADIOACTIVE WASTE

PERCEPCIONES DE LOS ESTUDIANTES SOBRE PLANTAS NUCLEARES Y RESIDUOS ATÓMICOS

Rafael Gombrade *  Leandro Londero ** 

Cómo citar este artículo: Gombrade, R; Londero, L. (2022). Percepções de estudantes sobre usinas nucleares e o resíduo radioativo. *Góndola, Enseñanza y Aprendizaje de las Ciencias*, 17(2), pp. 286-299. DOI:

<https://doi.org/10.14483/23464712.17810>

Recibido: marzo 2021, Aceptado: febrero 2022.

Resumo

Apresentamos os resultados de uma investigação que analisou as percepções de um grupo de estudantes acerca das usinas nucleares e do resíduo radioativo. Trata-se de um recorte de um projeto maior, o qual culminou na produção de uma dissertação de mestrado do primeiro autor. As percepções dos estudantes estão associadas aos riscos de catástrofes que as instalações nucleares podem ocasionar e às consequências que a exposição à radioatividade pode causar ao corpo humano. Essas percepções podem estar associadas a informações obtidas por meio de notícias veiculadas na mídia impressa ou televisiva, programas televisivos, filmes, documentários e séries streaming que abordam a temática da energia nuclear. Tanto as notícias quanto as produções televisivas reforçam o estereótipo do medo em relação aos riscos da radiação e da radioatividade. Os resultados de nosso estudo podem ser utilizados por professores de física ou química quando do ensino das Radiações Ionizantes. Defendemos que discussões sobre as Radiações Ionizantes sejam levadas para a sala de aula, a fim de que concepções equivocadas sejam minimizadas e que os estudantes se apropriem das ideias e dos conceitos pertencentes a Física das radiações ionizantes.

Palavras chave: Ciências Física; Formação Básica; Análise de Textos.

Abstract

We present the results of a survey that analyzes the perceptions of a group of students about nuclear power plants and atomic waste. That is an excerpt from the largest project culminating in a master's thesis by the first author. Students' perceptions are associated with the risk of catastrophes that nuclear facilities can cause and the consequences of radioactive exposure on the human body. These perceptions are

* Mestre em Ensino e Processos Formativos. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Brasil. E-mail: rafael.gombrade@unesp.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1451-8073>

** Doutor em Educação. Docente da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Brasil. E-mail: leandro.londero@unesp.br
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2400-1847>

associated with information obtained through print or television news, television programs, movies, documents, and streaming series that deal with nuclear energy. Both news and television productions reinforce or stereotype fears regarding the risks of radiation and radioactivity. The results of our study can be useful for physics or chemistry teachers in the teaching of ionizing radiation. We argue discussions on this topic in classroom, in such a way, misunderstandings are minimized, and students adopt ideas and concepts of the Physics of ionizing radiation.

Keywords: Physics Sciences; Basic education; Analysis of Texts.

Resumen

Presentamos los resultados de una encuesta que analiza las percepciones de un grupo de estudiantes sobre las centrales nucleares y el residuo atómico. Este es un extracto de un proyecto más amplio, que culminó con la producción de una tesis de maestría por parte del primer autor. Las percepciones de los estudiantes están asociadas al riesgo de catástrofes que pueden ocasionar las instalaciones nucleares y las consecuencias de la exposición radiactiva en el cuerpo humano. Estas percepciones pueden asociarse con información obtenida a través de noticias impresas o televisivas, programas de televisión, películas, documentos y series en streaming que tratan el tema de la energía nuclear. Tanto las producciones de noticias como de televisión refuerzan o estereotipan los miedos en relación con los riesgos de la radiación y la radioactividad. Los resultados de nuestro estudio pueden ser utilizados por profesores de física o química en la enseñanza de las Radiaciones Ionizantes. Argumentamos que las discusiones sobre Radiación Ionizante se plantean en el aula, de modo que se minimicen los malentendidos y que los estudiantes adopten ideas y conceptos de la Física de radiaciones ionizantes.

Palabras clave: Ciencias Físicas; Formación Básica; Análisis de Textos.

1. Introdução

O século XIX pode ser considerado como extraordinário no campo da física. Diversos fenômenos foram observados, várias teorias desenvolvidas, máquinas surgiram como parte do desenvolvimento científico e tecnológico que emanava nesse período. Tanto é que Lorde Kelvin, considerado um dos mais importantes físicos desse período, chegou a afirmar que “existem apenas duas nuvenzinhas no céu da física”, e suas variantes, aludindo a crença de completude da física no início do século passado. As duas nuvenzinhas correspondiam à relatividade e a mecânica quântica, considerados os dois pilares da física moderna. Entretanto,

outra “nuvenzinha” tomava forma no céu da física: A Física das Radiações.

Cabe destacar que existe uma diferença significativa entre radiação e radioatividade. Enquanto o conceito de radiação remete a “[...] energia que se propaga a partir de uma fonte emissora através de qualquer meio, podendo ser classificada como energia em trânsito”. (OKUNO, 2010, p.1), a radioatividade pode ser entendida como um fenômeno nuclear que ocorre devido à instabilidade de isótopos de um determinado elemento químico. Para que o elemento atinja novamente sua estabilidade é necessário que ocorram emissões de radiação, conhecidas como decaimento radioativo.

Segundo Strathern (2000) a descoberta dos raios X por Röntgen, em 5 de novembro de 1895, é

hoje considerada por alguns como o início da Segunda Revolução Científica, sendo a primeira aquela iniciada com Copérnico e a sua descoberta de que a Terra se move ao redor do sol, posteriormente confirmada por Galileu por meio do método científico). As bases da ciência até então conhecida ficaram estremecidas. Com o advento do elétron, da radiação X, da radioatividade e dos modelos atômicos, os cientistas imediatamente devotaram imensos esforços para compreendê-los. Uma síntese de modelos atômicos e seus propositores foi relatada por Londero (2014). Entre diversos modelos identificados na história da ciência, o autor destaca algumas possibilidades para o ensino do modelo de Bohr, em especial o uso da abordagem histórico-filosófica, da leitura de textos classificados como de divulgação científica, originais de cientistas, de modelos analógicos, de tiras de humor e quadrinhos e simulações computacionais.

Se pensarmos nos riscos associados às radiações ionizantes lembraremos de episódios amplamente divulgados pelos meios de comunicação social. Em março de 2011, por exemplo, o mundo parou para assistir a terrível tragédia que assolou o Japão. Em Fukushima, ocorreu um acidente nuclear de grande proporção e de repercussão internacional. Três dos seis reatores nucleares da usina acabaram derretidos, devido à falta de arrefecimento pela água, acarretando explosões que destruíram o revestimento superior dos edifícios de alojamento dos reatores e propiciaram múltiplos incêndios no reator 4. Essa sucessão de eventos ocorreu quando a usina foi atingida por um tsunami provocado por um maremoto de magnitude 8,7.

O acidente é classificado no nível 4 (consequências locais), de acordo com a escala INES (International Nuclear and Radiological Event Scale). Porém, mês depois, ele foi elevado para o nível 7 (máximo), o que o iguala a Chernobyl - o maior desastre do gênero na história até então. A tragédia de Fukushima não poderia ter deixado de aumentar a desconfiança pública na energia nuclear para geração de eletricidade.

De acordo com Anjos (2006) existem vários cenários que podem levar à superexposição do ambiente à radiação ionizante, sendo o mais considerável em períodos entre guerras, os acidentes em usinas de energia nuclear ou institutos de pesquisa que lidam com materiais radioativos, bem como a exposição contínua a resíduos radioativos ou fontes radioativas usadas na indústria e na medicina.

Segundo Ribeiro e Pessoa (2007), o risco provocado pelas atividades e produtos tecnológicos, sobretudo associados a conceitos físicos (como, por exemplo, a física das radiações) está sob a constante égide do medo, uma vez que esse tópico é um assunto pouco familiar ou considerado complexo por uma parcela da população. Como exposto por Silva Brito e Ferreira (2021), “questões como o receio de acidentes, sejam de caráter industrial, ambiental ou urbano e as consequências da bomba atômica têm trazido rejeição pela sociedade em relação à radioatividade” (p. 332). As opiniões a respeito das radiações geralmente são apresentadas com pouco embasamento científico e com facilidade encontramos avaliações errôneas sobre esse conceito.

Trabalhos com os de Showers (1986) e Durant, Evans e Thomas (1989) apontam que os estudantes apresentaram concepções alternativas equivocadas quanto a ideias relacionadas à energia nuclear e as usinas nucleares.

Showers (1986) estudou os efeitos da informação e mensagens persuasivas sobre as atitudes dos alunos do ensino médio em relação ao uso da energia nuclear com estudantes dos Estados Unidos. Cerca de metade dos alunos concordaram com a seguinte afirmação: “Embora seja improvável, uma usina nuclear pode explodir como uma bomba nuclear”. Cerca de 40% presumem que a radiação produzida pelo homem é mais perigosa do que a radiação natural e cerca de 70% que “ser exposto à radiação o tornará radioativo”. Showers (1986), da mesma maneira, percebeu que cerca de 50% dos alunos possuem a concepção de que as usinas nucleares contribuem para a quantidade de chuva ácida nos Estados Unidos.

Durant, Evans e Thomas (1989) relataram resultados semelhantes de uma pesquisa britânica sobre a compreensão do público sobre Ciência. Eles identificaram que somente 65% dos entrevistados discordam da afirmação “leite radioativo pode se tornar seguro fervendo-o”.

Esses resultados apontam para uma necessidade de assegurar um conhecimento suficiente para que estudantes deixem de apresentar julgamentos equivocados quanto a questões envolvendo a energia nuclear. Uma possibilidade para mudarmos esse quadro passa pelo mapeamento das percepções dos estudantes acerca de conceitos e temas que envolvam as radiações ionizantes.

1. Estudos sobre Percepção de estudantes quanto à questão nuclear

As principais fontes renováveis para a obtenção de energia elétrica no Brasil atualmente são as usinas hidroelétricas, que propiciam energia abundante e barata. Segundo Montalvão (2012), o perfil renovável das matrizes energéticas garante segurança energética para o País, uma vez que, ao contrário das fontes não renováveis, elas não se esgotam.

Entretanto, o mesmo autor destaca que o mundo também tem se mostrado aberto ao retorno de usinas termonucleares. Apesar de não renovável, a energia nuclear tem uma enorme vantagem sobre as fontes fósseis de energia, já que não emite gases de efeito estufa. Desse modo, a combinação de fontes renováveis com fonte nuclear tem recebido o apoio de vários ambientalistas de renome, como por exemplo, Dr. James Lovelock, PhD em medicina e químico de formação, que é um dos precursores do movimento ambientalista mundial. Ele é membro da Real Sociedade da Inglaterra e autor de mais de 200 artigos científicos. Inspirados em seu trabalho, ambientalistas fundaram, em 1996, uma organização denominada *Ambientalistas Favoráveis à Energia Nuclear*, ONG presente em sessenta países nos cinco continentes. Esses especialistas veem na energia nuclear um risco muito menor ao meio ambiente, se comparado ao das matrizes energéticas de origem fóssil.

Ainda segundo Montalvão (2012), a Alemanha optou pelo banimento das usinas nucleares em

seu território; entretanto a sua vizinha França ainda possui 80% de sua matriz de energia elétrica de base termonuclear. Já no Brasil, é a sociedade, em última instância, que pesará essa questão, uma vez que existem dois lados a serem considerados: de um lado, existe a necessidade energética do País, que aponta para a implantação de mais usinas nucleares nos próximos vinte anos; do outro lado, há o risco que representam essas usinas, conforme percebido pela sociedade.

A partir do desenvolvimento de nossa pesquisa, foi possível identificar poucos trabalhos que versam a respeito da percepção dos estudantes do ensino básico a respeito das usinas nucleares e que buscam apresentar os aspectos positivos quando da utilização dessas usinas para a geração de energia, bem como buscam abandonar o discurso tradicional dos riscos envolvidos a partir da geração de eletricidade dessas matrizes energéticas (RIBEIRO JUNIOR, 2007; COSTA et al., 2011; AQUINO, 2013; JESUS, SILVA, OLIVEIRA, 2016; LUCENA et al., 2017). Vale destacar que em todos os trabalhos, fica evidente para os autores que a maioria dos alunos apresentaram desconhecimento sobre o fenômeno da radioatividade, havendo confusão quando os mesmos tentaram discernir os conceitos relacionados ao fenômeno. A confusão perceptível da maioria provavelmente se deve a má concepção formada no ensino médio. De acordo com Lucena et al. (2017);

Há necessidade de desmistificar as aplicações das radiações ionizantes, através da análise risco/benefício das práticas com radiação. A escola necessita de apoio para cumprimento desta tarefa. Uma possibilidade viável para o fortalecimento e disseminação da informação, seria a aproximação entre as escolas e instituições que empregam tecnologias envolvendo radioatividade, viabilizando a apresentação de palestras, oficinas, cursos ou entrevistas envolvendo alunos e professores, estes últimos, passando a integrar grupo de agentes disseminadores do conhecimento. Em última análise, a condição ideal seria enfatizar a divulgação de temas relacionados as aplicações das radiações ionizantes no Brasil associados

com a radioproteção necessária à execução destas práticas. (2017, p. 14)

Outros trabalhos como Kelecom e Gouvea (2002) e Bez, Alexandre e Costa (2013) analisam a percepção de estudantes do ensino superior a respeito da energia nuclear, bem como da radioatividade, uma vez que entendem que as informações que eles detêm acerca desses assuntos provêm da imprensa, raramente de estudos, ocasionando desconhecimento, temor e rejeição por boa parte dos estudantes.

É importante salientar que Kiiper (2011) apresenta uma visão conservadora do público brasileiro no que diz respeito a instalações nucleares, já que suas opiniões são pautadas em fatores cognitivos e tornam-se mais sólidas ao reconhecer e aceitar a possibilidade de acidentes dessa natureza. Kelecom e Gouvea (2002) expõem que a fonte de informações regularmente citadas pelos estudantes como fontes do saber a respeito das usinas nucleares e da radioatividade são veículos de mídias, tais como jornal, televisão, revistas. Considerando que os jornalistas, incluindo os de colunas científicas, não costumam ter uma boa formação em ciências, fazendo com que o valor científico e a credibilidade das informações veiculadas na imprensa sejam, no mínimo, contestáveis.

Uma possibilidade de identificação das percepções de estudantes sobre tópicos como raios X, emissões radioativas (raios alfa, raios beta e raios gama), radiações ionizantes e radiações não ionizantes é a aplicação de questionários, como aquele proposto por Coelho da Silva (2019). Embora tendo como público-alvo licenciandos em física, pensamos que, com algumas adaptações, o questionário possa ser utilizado junto a alunos da educação básica.

Nosso objetivo com a revisão foi a de realizar, quando possível, comparações entre os resultados obtidos nos estudos mapeados e os resultados obtidos em nossa investigação, os quais serão apresentados adiante.

Na próxima seção discorreremos sobre o objetivo, o problema e as questões balizadoras de nossa investigação para, após, apresentarmos algumas percepções de estudantes referentes à temática das usinas nucleares e do resíduo radioativo, por

entendermos que se trata de uma questão atual e que, como expusemos anteriormente, ainda levanta desconfiças e suspeitas em estudantes do ciclo básico.

2. Objetivo, Problema, Questões de Estudo e Justificativas

Nosso estudo faz parte de uma pesquisa mais ampla, que culminou, na dissertação de mestrado do primeiro autor, na qual investigamos a inserção do ensino da Física das Radiações Ionizantes na escola de nível médio. Em uma de nossas ações, focamos nosso olhar para a compreensão das percepções apresentadas por estudantes, de uma escola de um município do interior de São Paulo, no que diz respeito às usinas nucleares e ao resíduo radioativo produzido no processo de obtenção de energia. Em função do nosso objetivo, formulamos a seguinte questão de pesquisa: Quais as percepções que um grupo de alunos do ensino médio manifestam a respeito das usinas nucleares e do resíduo radioativo produzido por elas para geração de energia elétrica após a exposição de uma aula com uso de textos de divulgação científica?

Das possíveis questões que seriam relevantes responder, nos parece significativo e propomos para este estudo: 1) Quais sentidos um grupo de alunos atribui as usinas nucleares e ao resíduo radioativo após participarem de uma aula que abordou estes conteúdos? 2) Quais indícios de repetição ou de autoria são apresentados pelos alunos em produções textuais que versam sobre as usinas nucleares e o resíduo radioativo?

Este trabalho justifica-se com base nos documentos oficiais educacionais brasileiros, entre eles a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), a qual prevê o emprego de conteúdos que possibilitem o desenvolvimento de competências diversas, como representação e comunicação, investigação e compreensão, contextualização sociocultural.

O ensino das radiações segue previsto nos currículos como um dos conteúdos de Física que deveria ser abordado, já que se trata de um assunto com diferentes aplicações práticas (inclusive, em relação às próprias usinas nucleares e a produção do resíduo radioativo)

podendo ser ministrado no contexto de uma abordagem interdisciplinar.

3. Metodologia de investigação

O estudo aqui relatado é parte da pesquisa defendida por Gombrade (2018). Especificamente, apresentamos os resultados obtidos da análise da implementação de duas aulas de um conjunto de dez. Elaboramos e aplicamos uma Unidade de Ensino (UE) junto a alunos do terceiro ano do Ensino Médio com o intuito de propiciar a eles conhecimentos acerca da Física das Radiações Ionizantes, a partir da leitura de textos de divulgação científica (DC). Na tabela 1 sintetizamos o conjunto de aulas da Unidade de Ensino.

A UE foi pensada a partir de trabalhos que apresentam a elaboração e/ou aplicação de propostas para o ensino da Física por meio da leitura de textos, entre os quais: Silva (1997); Oliveira (2001); Lança (2005); Gama (2005); Montenegro (2005); Zanutello e Almeida (2007); Giraldeili (2007); Lopes (2009); Silva (2013); Zanutello e Almeida (2013); Dias (2015); Brugliato (2016); Silva e Zanutello (2017); Correia, Decian e Sauerwein (2017).

Tabela 1. Síntese da Unidade de Ensino.

Número da aula	Assunto
1	Radiação e radioatividade – conceitos iniciais
2	Partículas alfa, beta e gama
3	História da radioatividade – Röntgen e os raios X
4	História da radioatividade – Becquerel e a radioatividade
5	História da radioatividade – Marie e Pierre Curie
6	Usinas Nucleares
7	Lixo radioativo
8	Bomba atômica – Projeto Trinity
9	O acidente de Chernobyl e Goiânia
10	Aplicações radiações (medicina, agricultura)

Fonte. Elaborados pelos autores

As usinas nucleares foram alvo de discussão na aula de número seis. Nessa aula, abordamos inicialmente o que é uma Usina Nuclear e a maneira pela qual elas atuam como alternativa às limitações das fontes naturais renováveis (como os rios) e as não renováveis (carvão), além de apresentarmos algumas vantagens e desvantagens referentes ao uso dessa matriz energética.

Em seguida, os alunos receberam um trecho do livro **Perdendo o Medo da Radioatividade**, de autoria de Damasio e Tavares (2010), para, posteriormente, responderem a seguinte pergunta: *Diante da suposição da instalação de uma usina nuclear próxima a sua comunidade, como você acredita que as pessoas reagiriam? Por quê?*

A aula de número sete abordou a questão do lixo nuclear. Nesta aula, nenhuma introdução teórica ou expositiva foi realizada, uma vez que o objetivo era inserir o assunto por meio da leitura de um extrato do livro “A radioatividade e o lixo nuclear”, de autoria de Helene (1996). Esse livro apresenta uma série de tabelas e gráficos informativos acerca dos países que utilizam energia nuclear, além de apresentar a quantidade de resíduo radioativo produzido pelos mesmos. No trecho escolhido, inserimos, ainda, uma passagem dedicada ao relato do destino que o governo brasileiro dá ao resíduo radioativo produzido pelas usinas nucleares de Angra I e Angra II. Ao final desta aula, os alunos responderam as seguintes questões: *Podemos afirmar que o lixo nuclear é um problema para a sociedade moderna? Quais as medidas você acredita serem cabíveis para solucioná-lo? Quais as consequências para a saúde das pessoas que habitam regiões próximas onde se encontram os resíduos radioativos?*

Destacamos que nossa pesquisa tem abordagem qualitativa, com pesquisa de campo e que o instrumento de coleta de dados se deu por meio do uso de questionários. Ressaltamos que nossa pesquisa, embora qualitativa, contou com a participação de 131 alunos que colaboraram

voluntariamente em um total de 10 aulas, cada uma com cinquenta minutos de duração. Em virtude do elevado número de participantes, selecionamos algumas respostas para realizarmos nossas análises e que os nomes citados nas respostas dos estudantes são fictícios, justamente para preservar o anonimato dos mesmos.

Para realizar a análise dos dados coletados, utilizamos como aporte teórico a Análise do Discurso (AD), a partir das produções de Eni Orlandi. Especificamente, nos apropriamos da noção de autoria.

Ao apresentar a noção de autoria, Orlandi (2010) enfatiza que a função discursiva do autor, ao lado da função enunciativa (na perspectiva em que o eu se constrói no discurso) e locutor (quando o sujeito se representa pelo eu no discurso), é aquela em que o eu se apresenta na qualidade de produtor de linguagem. Ainda, segundo a autora (ibidem), o sujeito só se transforma em autor se o que ele produz for passível de interpretação, produzindo assim, um evento interpretativo de seu discurso. Por esse ponto de vista, Orlandi (2001, p. 36) apresenta que toda repetição remete a uma “mexida nas redes de filiação dos sentidos”, mexida essa que só é possível, portanto, a partir de um já-dito.

Orlandi (2004) distingue a repetição discursiva em três grupos: a) a repetição empírica, exercício mnemônico que não historiciza; b) a repetição formal, técnica de produzir frases, exercício gramatical que também não historiciza; c) a repetição histórica, a que inscreve o dizer no repetível enquanto memória constitutiva, saber discursivo, em uma palavra: interdiscurso. Este, a memória (rede de filiações), que faz a língua significar. É assim que sentido, memória e história se intrincam na noção de interdiscurso (ORLANDI, 2004, p. 70).

Orlandi (2004) caracteriza a interpretação como um “gesto” (na perspectiva discursiva entendida como “ato”), à altura do simbólico. Tal gesto se dá devido à incompletude do simbólico, marcado pelo seu vínculo ao silêncio. Partindo dessas definições de repetição e interpretação, analisaremos os discursos produzidos pelos estudantes.

4. Resultados

Julgamos ser mais interessante sistematizarmos as respostas elaboradas nos questionários das aulas seis e sete, visto que nessas aulas abordamos duas temáticas que estão diretamente relacionadas: usinas nucleares e a produção/descarte dos lixos atômicos produzidos pelas usinas nucleares.

Como já mencionamos, na aula de número seis, discutimos sobre o que é uma usina nuclear e seu funcionamento, além de apresentarmos algumas vantagens e desvantagens referentes ao uso dessa matriz energética. Nessa aula, a pergunta feita aos alunos foi: Diante da suposição da instalação de uma usina nuclear próxima a sua comunidade, como você acredita que as pessoas reagiriam? Por quê? A seguir, apresentamos algumas respostas que nos parecem mais significativas de serem apresentadas aos leitores. “Elas ficariam preocupadas, pois a usina nuclear, pois caso a usina nuclear, caso aconteça uma explosão, acarretará vários problemas”. (Alice; grifo nosso)

“Se sentiriam em estado de perigo pela presença de material radioativo e por não terem muito conhecimento” (Bruna; grifo nosso).

“Acho que teriam medo, devido as consequências da radiação conhecidas” (Miguel; destaque nosso).

“Elas teriam um pouco de medo, pois se ocorrer um acidente na usina, o local ficará contaminado pela radiação” (Rafaela; grifo nosso).

As respostas parecem indicar o fato de que os alunos consideram as usinas nucleares como lugares perigosos, que causam medo e onde se deve estar sempre em estado de alerta, pois a chance de um acidente é iminente. Tal interpretação pode ser atribuída às notícias veiculadas na mídia sobre catástrofes e acidentes, uma vez que os veículos de informação acabam priorizando aspectos do contexto social e político como, por exemplos, as crises diplomáticas entre nações, o medo de que a tecnologia de enriquecimento de Urânio caia em mãos de grupos terroristas e o acidente em 2011 envolvendo a usina de Fukushima no Japão. Essa interpretação corrobora o trabalho de Kelecom e Gouvea (2002), no qual os autores expõem que, em geral, as reações espontâneas de rejeição a temática “nuclear” são motivadas mais pelo

medo e pelo desconhecimento, do que por uma postura refletida baseada numa análise de riscos, graças ao caráter sensacionalista exposto pelos veículos de informações relacionados a essa temática, contribuindo para a construção de um senso comum depreciativo a respeito de tudo que cerceia a questão nuclear.

Tais notícias reforçam acontecimentos históricos que nos lembram do terrível poder atômico, suas consequências devastadoras à saúde humana e das condições imprevisíveis sob as quais ele pode ser desencadeado em vez de esclarecer o funcionamento de aspectos específicos relacionados aos fenômenos científicos (nesse caso fissão e fusão nuclear) e de sua importância na geração de energia e aplicabilidade da área médica.

Ainda na aula seis, perguntamos aos estudantes quais eram as vantagens e desvantagens na construção de uma usina nuclear.

“As vantagens são que a usina nuclear é mais econômica e que não causam emissão de gases do efeito estufa como nas termelétricas. Já as desvantagens é que a explosão de uma usina pode causar grandes problemas na vida das pessoas.” (Alice; grifo nosso)

“Não há emissão de gases estufa como nas termelétricas e a energia gerada pela queima de 1200 Kg de carvão pode ser produzida utilizando apenas 10g de urânio-235. A desvantagem é o perigo de um acidente com material radioativo”. (Bruna; grifo nosso)

“Vantagens: baixo custo de construção, grande eficiência e pouco espaço ocupado. Desvantagens: lixo tóxico e contaminação.” (Miguel; destaque nosso)

“A vantagem de uma usina nuclear é que ela não emite gases poluentes como as termelétricas. A desvantagem da sua construção é que ela gera lixo radioativo.” (Rafaela; destaque nosso)

A partir dos discursos dos estudantes foi possível observar que existe um consenso de que a usina nuclear apresenta como grande aspecto positivo o fato de não produzir gases relacionados ao efeito estufa. De acordo com Ribeiro Junior (2007) boa parte da população mostra simpatia por uma matriz de geração elétrica bastante diversificada, inclusive com a construção de

usinas nucleares. Ainda, segundo o autor, é interessante notar que dentre os benefícios apontados pelas pessoas que participaram da pesquisa estão a garantia de energia elétrica e maior geração de empregos não havendo nenhuma menção quanto a questão de menor impacto ambiental, como apresentado nos discursos dos nossos estudantes. Ademais, o autor supracitado anteriormente destaca que poucas pessoas percebem que a construção de uma usina nuclear contribui positivamente na qualidade das estradas ao redor, bem como investimentos maiores em escolas, segurança e opções de lazer.

É possível verificar que a resposta da aluna Bruna se constitui de uma repetição empírica, na qual a aluno se apropriou exatamente dos mesmos elementos discursivos contidos no texto utilizado na aula seis, conforme recorte abaixo:

A grande vantagem da opção nuclear está no fato de que não há emissão de gases estufa como nas termelétricas. Ainda, a energia gerada pela queima de 1200 kg de carvão pode ser produzida utilizando apenas 10g de urânio-235 (DAMASIO, TAVARES, 2010, p. 79).

Segundo Almeida et al. (2008, p. 40) a “repetição empírica” ocorre quando o estudante exercita a memória para dizer apenas aquilo que o professor ou o livro já havia dito realizando um simples exercício mnemônico. Nessa situação, consideramos que Bruna apropriou-se do discurso pré-existente e o tomou para si, considerando-o como uma fonte confiável de informação para que pudesse responder adequadamente à questão. Essa repetição empírica está relacionada a memória (ou a ausência de uma memória) pensada em relação ao discurso. De acordo com Orlandi (2001), a memória pode ser pensada na perspectiva do interdiscurso, uma vez que este é definido como aquilo que fala anteriormente, ou seja, o já-dito em outro lugar. O interdiscurso disponibiliza dizeres que afetam o modo com que o sujeito simboliza em uma determinada situação.

Por outro lado, os estudantes apontam como aspectos negativos o risco (quase iminente) de um acidente ou uma explosão em uma usina nuclear (discursos de Alice e Bruna) e a produção

de resíduo radioativo (discursos de Miguel e Rafaela). As desvantagens apontadas pelos estudantes corroboram com Lucena et al. (2017) que apontam que a população em geral desconhece tanto as aplicações da radioatividade quanto seus reais riscos e benefícios, geralmente associando as os termos “radiação” e “energia nuclear” à bomba atômica ou ao câncer.

Outro trabalho que corrobora as respostas apresentadas pelos participantes é o de Silva et al. (2011) no qual as pesquisadoras observaram que a maioria dos alunos, quando solicitado que opinassem a favor ou contra a utilização da energia nuclear, se posicionaram contra por desconhecimento do assunto. Segundo as pesquisadoras, muitos estudantes disseram que “eram contra porque não queriam morrer”; relacionavam a radioatividade e a energia nuclear a “uma coisa perigosa”; diziam que queriam “ficar o mais longe possível de uma usina nuclear”. Ao confrontarem os estudantes a respeito de seus motivos, obtiveram respostas como “Porque sim professora, e muito ruim, a gente vê na televisão, só causa morte” ou “Mostrou na televisão no domingo”; “tem um lugar que esta a um tempão contaminado - todo mundo que morava la morreu”, fazendo referência ao acidente de Chernobyl.

Por sua vez, a aula sete abordou a questão do resíduo radioativo. Dessa aula, selecionamos duas questões para serem analisadas. A primeira delas foi à seguinte: “Na sua opinião o resíduo radioativo é um problema para a sociedade moderna? Em caso afirmativo, quais as medidas você acredita serem cabíveis para solucioná-lo?” “Se descartado de maneira correta, não é um problema”. (Alice)

“Sim, pois é perigoso em caso de acidentes com elementos radioativos e ocupam muito espaço para armazená-lo. Fazer o reprocessamento desse lixo e armazená-lo em locais desabitados.” (Bruna)

“Sim, optar por tipos de energias mais limpas como eólica, solar ou hidroelétricas, por exemplo, e parar de investir em energia nuclear”. (Miguel)

“Não, pois hoje existem meios tecnológicos para o descarte desses lixos radioativos.” (Rafaela)

Na resposta de Alice percebemos que a aluna priorizou uma resposta muito vaga, não deixando claro qual seria o procedimento adequado para descartar o lixo radioativo proveniente das usinas nucleares. Intriga-nos também o fato de que a aluna considerou que, mesmo tomando as medidas “cabíveis”, esse material armazenado corre o risco de ser exposto ao meio ambiente, por exemplo, por meio de eventos cataclísmicos. Por fim, retomamos a resposta apresentada na aula anterior por Alice (“Diante da suposição da instalação de uma usina nuclear próxima a sua comunidade, como você acredita que as pessoas reagiriam? Por quê?”). A seguir, são apresentadas as respostas dos alunos.

“Elas ficariam preocupadas, pois a usina nuclear, pois caso a usina nuclear, caso aconteça uma explosão, acarretará vários problemas.” (Alice; grifo nosso)

Cabe destacar que, de alguma maneira, a memória discursiva de Alice, no que diz respeito à preocupação da instalação de uma usina nuclear, foi modificada. A análise de discurso compreende a linguagem como uma mediação fundamental entre o homem e a realidade social na qual ele está inserido, e o discurso como efeito de sentidos entre locutores. Assim, segundo Orlandi,

As palavras não são só nossas. Elas significam pela história e pela língua. O que é dito em outro lugar também significa nas “nossas” palavras. O sujeito diz, pensa que sabe o que diz, mas não tem acesso ou controle sobre o modo pelo qual os sentidos se constituem nele. Por isso é inútil, do ponto de vista discursivo, perguntar para o sujeito o que ele quis dizer quando disse “x” (ilusão da entrevista in loco). O que ele sabe não é suficiente para compreendermos que efeitos de sentido estão ali presentes (2001, p. 32).

Por sua vez, as alunas Rafaela e Bruna, embora discordem em suas opiniões a respeito do resíduo radioativo ser um problema para a sociedade, concordam que é necessário e possível, graças ao desenvolvimento de tecnologias, que o descarte do refugo radioativo seja realizado de maneira que o impacto ao meio ambiente seja o menor possível. Entretanto, o texto aborda que o reprocessamento do resíduo radioativo é

reaproveitado tanto para o uso energético quanto para a produção de bombas atômicas. Além disso, o texto ainda destaca que o reprocessamento é responsável por formar novos elementos químicos, como o Américo e o Neptúncio, os quais possuem meia-vida, muito longa, o que torna ainda mais lento o tempo de decaimento do resíduo radioativo reprocessado. É possível que as alunas tenham interpretado a palavra “reprocessamento” com o significado de “reciclagem”. De acordo com Orlandi (2001, p.70), “compreender como o texto funciona, como ele produz sentidos, é compreendê-lo enquanto objeto linguístico-histórico é explicitar como ele realiza a discursividade que o constitui”. Assim, uma mesma palavra muda de sentido dependendo da formação discursiva em que está inscrita.

Quanto a questão do resíduo radioativo, é possível observar que nos discursos dos estudantes que eles corroboram os dados obtidos por Monteiro (2013), no qual os participantes apontaram que se opõe a geração de energia nuclear em razão de três fatores principais: *preocupações acerca das soluções de disposição eficiente dos rejeitos radioativos; segurança das operações da usina e o descomissionamento* (segundo definição da Agência Internacional de Energia Atômica (AIEA), *descomissionar* significa tomar todas as providências necessárias para a desativação de uma instalação nuclear ao final de sua vida útil, observando-se todos os cuidados para proteger a saúde e a segurança dos trabalhadores e das pessoas em geral, e ao mesmo tempo, o meio ambiente.) das instalações nucleares. O autor ainda apresenta em sua pesquisa que a confiança na gestão segura dos rejeitos radioativos é uma condição determinante para a aceitação pública da energia nuclear. A capacidade de crescimento futuro de instalações term nucleares revela a necessidade do avanço de programas mais eficientes de gestão de rejeitos de alta atividade, permitindo garantias ao público, bem como uma solução realista e viável. A outra pergunta que selecionamos para realizarmos nossa análise foi a seguinte: “Em sua opinião quais as consequências para a saúde das pessoas que habitam regiões próximas onde se

encontram os resíduos radioativos?”. Para esta pergunta obtivemos as seguintes respostas:

“Câncer, tumores, problema na regeneração das células, deficiência na estrutura das células.” (Alice; grifo nosso)

“Ter o organismo debilitado devido a proximidade com esses elementos que podem desenvolver até câncer.” (Bruna; grifo nosso)

“Se o lixo nuclear for descartado de maneira correta não irá apresentar nenhum perigo a saúde. Porém se for descartado inadequadamente pode comprometer a saúde da população, e levar até a morte.” (Miguel; grifo nosso)

“As consequências para a saúde das pessoas podem ser doenças, como câncer, morte, mutações provocando deformações.” (Rafaela; grifo nosso)

Nota-se que a ideia de que a radiação nuclear pode causar prejuízos ao nosso organismo, após uma intensa exposição, está fortemente presente nos discursos dos alunos, uma vez que são descritas características como mutações, deformações, surgimento de tumores e morte. Contudo, apenas Miguel destacou que, se descartado de maneira correta, o resíduo radioativo não acarreta nenhum tipo de dano à saúde. Isso pode significar que a memória discursiva de Miguel está atrelada ao conteúdo trabalhado na aula dois, em que foram discutidos os tipos de radiação (alfa, beta e gama) e o poder de penetração de cada uma. Embora o lixo radioativo possa se manifestar na forma de radiação gama, é possível que o aluno tenha se atentado ao fato de que essa radiação pode ser interceptada, mediante a utilização de uma estrutura de concreto e chumbo. Destacamos que a maneira correta de realizar o armazenamento do resíduo radioativo é dividindo-o em resíduos de baixo e alto nível, classificação baseada na quantidade de radioatividade emitida.

Os resíduos de baixo nível podem ser armazenados em locais de produção, compartimentos especiais ou enterrados. Por sua vez, os de alto nível requerem um tratamento especial, pois precisam ser lacrados em vidros e, posteriormente, em tambores para só então serem enterrados no subsolo.

Aqui os participantes apresentaram respostas muito similares quanto às consequências que a exposição à radioatividade pode causar ao organismo. As respostas dos estudantes evidenciam a presença de elementos que compõem uma repetição histórica, uma vez que, nas condições de produção imediatas (texto da aula sete), não é abordado diretamente nenhum tipo de risco à saúde das pessoas devido à exposição, inalação ou ingestão de materiais radioativos, e sim características associadas ao resíduo radioativo, tais como número de reatores nucleares no mundo e o destino do lixo produzido pelas usinas de Angra dos Reis.

5. Considerações Finais

Esse trabalho objetivou identificar quais as concepções apresentadas pelos estudantes de Ensino Médio, a partir de aulas nas quais eles tiveram a oportunidade de aprenderem sobre usinas nucleares e o resíduo radioativo, por meio da leitura de textos de divulgação científica. A partir das produções escritas dos estudantes, foi possível identificar repetições e interpretações dos estudantes em relação ao tópico trabalhado. No que diz respeito à aula seis (usinas nucleares), os discursos dos alunos estão mais associados ao risco iminente que essas instalações podem ocasionar algum tipo de catástrofe. O medo é sempre algo gerado em virtude de algum evento, como afirma Koonings e Kruijt (1999). Dessa maneira, o medo pode estar diretamente associado às notícias veiculadas na mídia sobre catástrofes e acidentes recentes, como, por exemplo, o acidente com a usina nuclear de Fukushima, no Japão, ou mesmo a partir de série televisivas que relatam questões sobrenaturais associadas a esses locais, como na produção da Netflix intitulada "Dark".

Tanto os acontecimentos reais, quanto as produções televisivas reforçam o estereótipo do medo em relação aos riscos da radiação e da radioatividade. De acordo com Neto (2018), o medo é algo natural a todos os humanos e todo medo é motivado por algum fator que envolve uma construção social (intimidação, ataque de um animal ou de um algoz, etc.) e que é eminente as relações sociais. Entretanto o medo associado

às usinas nucleares (e consequentemente as radiações ionizantes) são descritos por Beck (2010) em cinco teses, sendo que é a primeira tese que nos interessa, já que ela trata dos riscos que são produzidos em seu estágio mais avançado do desenvolvimento tecnológico (como a radioatividade), porque esta escapa completamente a percepção humana imediata, pois ela escapa aos cinco sentidos humanos, tornando-se invisíveis e são capazes de desencadear efeitos irreversíveis ao nosso organismo.

Na segunda questão da aula sete, verificamos que os estudantes possuem uma imagem de que a radiação nuclear pode causar prejuízos ao organismo, após uma intensa exposição às radiações ionizantes. Em seus discursos, identificamos características como mutações, deformações, surgimento de tumores e morte. Entretanto, apenas um aluno (Miguel) destacou que, se descartado de maneira correta, o resíduo radioativo não acarreta nenhum tipo de dano à saúde. Dessa maneira, entendemos que Miguel se apropriou de sua memória discursiva, relacionando o conteúdo trabalhado na aula dois, em que foram discutidos os tipos de radiação (alfa, beta e gama) e o poder de penetração de cada uma.

Por fim, pudemos notar que os estudantes apresentam discursos muito próximos quanto às consequências que a exposição à radioatividade pode causar ao organismo. As respostas evidenciam a presença de elementos que compõem uma repetição histórica, visto que, nas condições de produção imediatas (texto da aula sete), não é abordado diretamente nenhum tipo de risco à saúde das pessoas devido à exposição, inalação ou ingestão de materiais radioativos. Perante isso, podemos inferir que seus discursos se aproximam daquelas memórias discursivas produzidas a partir do já-dito em outro momento, como, por exemplo, programas televisivos, séries de TV, documentários, etc.

Concordamos com Batista e Siqueira (2019) ao afirmarem que "para docentes e iniciantes na pesquisa sobre o Ensino de Física, um dos grandes desafios de ensinar conceitos de FMC na Educação Básica, complexidade cognitiva e

necessidade de formação docente apropriada, reside na falta de alternativas metodológicas que vá além da dependência da resolução de exercícios de livros didáticos” (p. 129).

Neste sentido, consideramos que a nossa UE possa ser utilizada por professores que desejam inserir a Física das Radiações Ionizantes em suas aulas de Física, visto que ela engloba uma gama de conceitos que podem e devem ser trabalhados no Ensino Médio. Destacamos duas implicações didático-pedagógicas nas quais nossa produção pode contribuir para o docente do ensino básico. O primeiro diz respeito a uma abordagem distinta da tradicional, uma vez que é direcionada a leitura de textos de divulgação científica. A segunda implicação é a importância de tratar da discussão quanto as vantagens/desvantagens associadas a construção de novas de usinas nucleares, bem como os impactos, implicações e soluções quanto a geração de resíduos radioativos.

Ademais, destacamos que no caso específico desse texto, o qual compreende a temática das usinas nucleares e do resíduo radioativo, seja pertinente que o debate e as discussões sejam levados para a sala de aula, a fim de que concepções equivocadas sejam minimizadas e que os estudantes se apropriem, à sua maneira, das ideias e dos conceitos apresentados sobre a Física das Radiações Ionizantes.

6. Referências

- ALMEIDA, M. J. P. M.; CASSIANI, S. e OLIVEIRA, O. B. (2008). **Leitura e escrita em aulas de ciências: luz, calor e fotossíntese nas mediações escolares**. Florianópolis: Letras Contemporâneas.
- ANJOS, R. M. (2006). Radioecology teaching: response to a nuclear or radiological emergency. **European Journal of Physics**. 27, 243–255.
- AQUINO, K. A. S.; CHIARO, S. (2013). O uso de mapas conceituais: percepções sobre a construção de conhecimentos de estudantes do ensino médio a respeito do tema radioatividade. **Ciências & Cognição**, Rio de Janeiro, 18(2), 158-171.
- BATISTA, C. A.; SIQUEIRA, M. (2019). Análise didática de uma atividade lúdica sobre a “instabilidade nuclear”. **Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias**, 14(1), 126–142. <https://doi.org/10.14483/23464712.13242>
- BECK, U. (2010). **Sociedade de risco – Rumo a outra modernidade**. Editora 34. São Paulo: Brasil.
- BEZ, T. V.; ALEXANDRE, W.; COSTA, S. (2013). A radioatividade na visão dos alunos de um curso de licenciatura em ciências da natureza. In: SIMPÓSIO DE INTEGRAÇÃO CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO SUL CATARINENSE, 2, 514-523, Araranguá (SC).
- BRUGLIATO, E. T. (2016). **A produção de sentidos sobre a bomba atômica em diferentes tipos de discursos**. [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas]. Universidade Estadual de Campinas.
- COELHO DA SILVA, A. (2019). Um questionário conceitual sobre radiações: processo de elaboração e análise dos distratores. **Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias**, 14(1), 63–79. <https://doi.org/10.14483/23464712.13113>
- CORREIA, D.; DECIAN, E.; SAUERWEIN, I. P. S. (2017). Leitura e argumentação: potencialidades do uso de textos de divulgação científica em aulas de Física do Ensino Médio. **Ciência & Educação**, Bauru, 23(4), 1017-1034.
- COSTA, I. G.; DORES, J. L. R.; LIRA-DA-SILVA, R. M. (2011). Percepção dos Estudantes do Ensino Médio da Rede Pública de Salvador, Bahia sobre Energia Nuclear. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO E PESQUISA EM CIÊNCIAS, 8, 01-08, Campinas (SP).
- DAMÁSIO, F.; TAVARES, A. (2010). **Perdendo o medo da radioatividade: pelo menos o medo de entendê-la**. Autores Associados. São Paulo: Brasil.
- DIAS, R. S. (2015). **Processos da ciência na formação do jornalista: o funcionamento de uma unidade de ensino**. [Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas]. Universidade Estadual de Campinas.
- DURANT, J. R.; EVANS, G. A.; THOMAS, G. P. (1989). The public understanding of science. **Nature**. 340, 11-14.
- GAMA, L. C. (2005). **Divulgação científica: leituras em classes do ensino médio**. [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas]. Universidade Estadual de Campinas.

- GIRALDELLI, C. G. C. M. (2007). **Gestos de interpretação na leitura de um texto literário de divulgação científica: crianças em situação escolar**. [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas]. Universidade Estadual de Campinas.
- GOMBRADÉ, R. (2018). **A interpretação da física das radiações ionizantes por meio da leitura de textos**. [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho"]. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho".
- HELENE, M. E. M. (1996). **A radioatividade e o lixo nuclear**. Scipione. São Paulo: Brasil.
- JESUS, G. S.; SILVA, E. A.; OLIVEIRA, I. B. (2016). Energia nuclear: benefícios ou malefícios? percepção de alunos do ensino médio. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENSINO DE QUÍMICA, 8, PP.01-11, Florianópolis (SC).
- KELECOM, A; GOUVEA, R. (2002). A percepção da Radioatividade por Estudantes de Nível Superior. **Mundo & Vida**, Rio de Janeiro, 3(2), 78-89.
- KIIPER, F, M. (2011). **Percepção Pública das Instalações Nucleares**. [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de São Paulo]. Universidade Estadual de São Paulo.
- KOONINGS, K.; KRUIJT, D. (1999). Introduction: Violence and Fear in Latin America. In: KOONINGS, Kees; KRUIJT, Dirk (Org.). **Societies of Fear: The Legacy of Civil War, Violence and Terror in Latin America**. New York: St. Martin's Press.
- LANÇA, T. (2005). **Newton numa leitura de divulgação científica: produção de sentidos no ensino médio**. [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas]. Universidade Estadual de Campinas.
- LONDERO, L. O modelo atômico de Bohr e as abordagens para seu ensino na escola média. **Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias**, v.9, n.1, pp. 13-37. 2014. <https://doi.org/10.14483/23464712.5323>
- LOPES, G. (2009). **Leituras em aulas de Física na Educação de Jovens e Adultos no Ensino Médio**. [Tese de Doutorado, Universidade Estadual de Campinas]. Universidade Estadual de Campinas.
- LUCENA, E, A; REIS, R, G; SORES, A, P, et al, "Radiação ionizante, energia nuclear e proteção radiológica para a escola", **Brazilian Journal of Radiation Sciences**, Recife, v.5, n.1, p.01-17, 2017.
- MONTALVÃO, E. (2012). Energia Nuclear: Risco ou Oportunidade? Releitura – Compilação de Textos para Discussão. **Senado Federal (Subsecretaria de Edições Técnicas)**. 3(5), 156-171.
- MONTEIRO, N. A. (2013). **Percepção pública da energia nuclear e estratégias para uma melhor comunicação**. [Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio de Janeiro]. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- MONTENEGRO, A. G. P. M. (2005). **A leitura de textos originais de Faraday por alunos do Ensino Fundamental e Médio**. [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas]. Universidade Estadual de Campinas.
- NETO, M. M. (2018). As paisagens do medo das armas nucleares na cultura midiática estadunidense e japonesa. **Revista de Geografia**, Recife, 35(1), 154-166.
- OKUNO, E. (2013). Efeitos biológicos das radiações ionizantes. Acidente radiológico de Goiânia. **Estudos avançados**, 27 (77).
- OLIVEIRA, O. B. (2001). **Possibilidades da escrita no avanço do senso comum para o saber científico na 8ª série do ensino fundamental**. [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas]. Universidade Estadual de Campinas.
- ORLANDI, E. P. (2001). **Análise de discurso: princípios e procedimentos** (3.ed.). Pontes. Campinas: Brasil.
- ORLANDI, E. P. (2004). **Interpretação. Autoria, leitura e efeitos do trabalho simbólico** (4.ed.). Pontes. Campinas: Brasil.
- ORLANDI, E. P.; LAGAZZI-RODRIGUES, S. (2010). (Org.). **Discurso e Textualidade**. Pontes. Campinas: Brasil.
- RIBEIRO, E. L.; PESSOA, M. B. (2007). Os efeitos da radiação eletromagnética na vida do ser humano: uma análise do paradigma ambiental. **Revista Tecnologia e Sociedade**, Curitiba, 3(5), 15-31.
- RIBEIRO JUNIOR, J. A. (2007). **Um estudo simplificado da percepção pública dos benefícios e riscos de centrais termonucleares sugestões para a comunicação de valor com o público**. [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de São Paulo]. Universidade Estadual de São Paulo.
- SHOWERS, D. (1986). **A Study of the Effects of Informational and Persuasive Messages on the Attitudes of High School Students Toward the**

- Use of Nuclear Energy for Electrical Production.** [unpublished PhD thesis, Pennsylvania State University] Pennsylvania State University.
- SILVA, A. C. (2013). **Leitura sobre ressonância magnética nuclear em aulas de física do ensino médio.** [Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual de Campinas]. Universidade Estadual de Campinas.
- SILVA BRITO, L.; FERREIRA, L. N. A. (2021). Análise de discursos de estudantes de ensino superior sobre radioatividade em uma perspectiva e suas relações Ciência-Tecnologia-Sociedade. **Góndola, enseñanza y aprendizaje de las ciencias**, 16(2), 328-345. <https://doi.org/10.14483/23464712.16262>
- SILVA, F. L.; PESSANHA, P. R.; BOUHID, R. (2011). Abordagem do tema controverso Radioatividade/ Energia Nuclear em sala de aula no Ensino Médio – Um Estudo de Caso. In: VIII ENCONTRO NACIONAL EM PESQUISA EM EDUCAÇÃO E CIÊNCIA, 01-12, Campinas.
- SILVA, W. M. da; ZANOTELLO, M. (2017). Discursos sobre Física Contemporânea no Ensino Médio a partir da leitura de textos de divulgação científica. **Revista Brasileira de Pesquisa em Ensino de Ciências**, Belo Horizonte, 17(1), 45-74.
- STRATHERN, P. (2000). **Curie e a radioatividade em 90 minutos.** Zahar. Rio de Janeiro: Brasil.
- ZANOTELLO, M.; ALMEIDA, M. J. P. M. (2007). Produção de sentidos e possibilidades de mediação na física do ensino médio: leitura de um livro sobre Isaac Newton. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, 29(3), 437-446.
- ZANOTELLO, M; ALMEIDA, M. J. P. M. (2013). Leitura de um texto de divulgação científica em uma disciplina de física básica na educação superior. **Revista Ensaio**, Belo Horizonte, 15(3), 113-130.

