

# O que sabemos sobre propostas didáticas destinadas ao Ensino da Física das Radiações Ionizantes?

What do we know about didactic proposals for the Ionizing Radiations Physics teaching?

REVISTA  
DE  
ENSEÑANZA  
DE LA  
FÍSICA

Igor Machado Nossa<sup>1</sup>, Lucas Galdino Mendes<sup>1</sup>, Leandro Londero<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Rua Cristóvão Colombo 2265 – Jardim Nazareth – CEP 15054-000 – São José do Rio Preto, SP, Brasil.

<sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Educação para a Ciência, Faculdade de Ciências, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Av. Eng. Luís Edmundo Carrijo Coube 14-01 - Vargem Limpa – CEP 17033-360 - Bauru, SP, Brasil.

E-mail: igornossa@gmail.com

## Resumo

Objetivamos mapear e analisar as propostas didáticas destinadas ao Ensino da Física das Radiações Ionizantes. Buscamos, especificamente, identificar quais recursos didáticos são sugeridos pelos autores e as justificativas para o uso deles. O levantamento das produções foi realizado por meio da consulta aos periódicos da área de Educação em Ciências/Ensino de Física, às atas de congressos e teses e dissertações defendidas em programas de pós-graduação. Após a identificação dos estudos, realizamos a leitura cuidadosa de cada uma das publicações. Identificamos 98 trabalhos que elaboraram e/ou aplicaram propostas de ensino. Entre os recursos utilizados para a mediação da Física das Radiações Ionizantes estão: textos de divulgação científica, simulações computacionais, vídeos, mapas conceituais, animações, debates e explicações orais do professor. Percebemos uma pluralidade de recursos no ensino deste tópico conceitual. Podemos afirmar que a física das radiações ionizantes não tem sido um tópico prioritário na prática da maioria dos professores da Educação Básica. Perante isso, uma justificativa para os estudos identificados é a preocupação dos pesquisadores da área de ensino no que diz respeito a transposição deste conteúdo para as aulas de física do Ensino Médio. Para tanto, os pesquisadores têm se dedicado a elaboração e implementação de propostas de ensino com diferentes focos, entre eles: CTS, História da Ciência e/ou Interdisciplinar.

**Palavras chave:** Radiações Ionizantes; Propostas Didáticas; Revisão de Literatura.

## Abstract

We aim to map and analyze the didactic proposals to the Ionizing Radiations Physics teaching. We specifically seek to identify which didactic resources are suggested by the authors and the justifications for their use. The productions survey was carried out by consulting the periodicals of Science Education/Physics Teaching area, conference proceedings and thesis and dissertations defended in postgraduate programs. After identifying the studies, we carefully read each of the publications. We identified 98 papers that prepared and/or applied teaching proposals. Among the resources used for Ionizing Radiations Physics mediation are: scientific dissemination texts, computer simulations, videos, conceptual maps, animations, discussion and the teacher oral explanations. We perceive a resources plurality in teaching this conceptual topic. We can say that ionizing radiations physics have not been a priority topic in basic education teacher practice. Therefore, a justification for the studies identified is the researchers concern in teaching area regarding this content transposition to high school physics classes. For that, the researchers have been dedicated to the teaching proposals elaboration and implementation with different focuses, among them: CTS, History of Science and/or Interdisciplinary.

**Keywords:** Ionizing Radiations; Didactic Proposals; Literature Review.

## I. INTRODUÇÃO

Medo e ansiedade são condutas comumente desencadeadas quando a temática em questão são radiações ionizantes e suas tecnologias, uma vez que esses tópicos são frequentemente associados aos seus efeitos negativos como os acidentes nucleares, as bombas atômicas e o câncer. Todavia, os avanços tecnológicos e os debates a respeito da utilização das radiações ionizantes têm se tornado cada vez mais imprescindíveis na tentativa de superar o senso comum. Tais avanços ocorridos na sociedade nas últimas décadas têm levado diversos pesquisadores na área de Ensino de Física, a se articularem no sentido de alvitar novas propostas que forneçam um subsídio para melhorar o atual método de ensino nas escolas de Ensino Médio.

Habitualmente os professores de Física priorizam a resolução de problemas, com questões que essencialmente são exercícios de matemática, desprezando a parte conceitual dos fenômenos físicos, raramente discutida de maneira satisfatória na sala de aula. Isso advém em razão da significativa parcela de professores que apresentam má formação nos cursos de licenciatura e pelo fato dos vestibulares, que é o objetivo de muitas escolas, privilegiarem esse tipo de abordagem. No Brasil podemos dizer que:

*O ensino de Física tem-se realizado frequentemente mediante a apresentação de conceitos, leis e formulas, de forma desarticulada, distanciados do mundo vivido pelos alunos e professores e não só, mas também por isso, vazios de significado. Privilegia a teoria e a abstração, desde o primeiro momento, em detrimento de um desenvolvimento gradual da abstração que, pelo menos, parta da prática e de exemplos concretos.* (Brasil, 1999)

É frequente, durante as aulas de física, os alunos trazerem assuntos de seu interesse particular e que foram vistos em revistas, jornais ou até mesmo redes sociais. Esse comportamento se deve ao fato dos fenômenos físicos em questão estarem diretamente relacionados ao cotidiano dos estudantes e, por esse motivo, despertarem o interesse dos mesmos. Devido a esse interesse, o aluno fica instigado a compreender o fenômeno, facilitando o processo de aprendizagem e gerando maior empenho para entender os conceitos. Vianna (1998) esclarece que:

*...sempre buscamos alternativas em que o conteúdo científico fosse aprofundado e atualizado, mas adequado à realidade do aluno e do professor, integrando assim duas áreas de conhecimentos: científica e pedagógica.* (Vianna, 1998)

No entanto, é alarmante como o Ensino de Física não tem seguido esse desenvolvimento e progressivamente se distancia das necessidades dos estudantes, no que tange ao aprendizado de uma sabedoria científica mais moderna.

*É imprescindível considerar o mundo vivencial dos alunos, sua realidade próxima ou distante, os objetos e fenômenos com que efetivamente lidam, ou os problemas e indagações que movem sua curiosidade. Esse deve ser o ponto de partida e, de certa forma, também o ponto de chegada.* (Brasil, 1999)

Com o propósito de que os alunos do Ensino Médio desfrutem de uma física que leve em consideração o vivencial dos alunos e o momento atual em que está inserida a sociedade, pesquisadores da área de Educação em Física trabalham em propostas de ensino voltadas para professores atuantes, as quais são apresentadas em eventos científicos, publicadas em revistas especializadas ou em bancos de teses e dissertações.

As publicações que apresentaram propostas didáticas que formularam materiais para professores, receberam atenção no nosso estudo, a fim de identificarmos quais instrumentos didático-pedagógicos são mais frequentemente utilizados por pesquisadores, na tentativa de incluir as Radiações Ionizantes de maneira efetiva no ambiente escolar. Segundo Borges e Lima (2007)

*...além de ser fundamental repensar os temas a serem destacados nas aulas, as estratégias para abordagem desses temas precisam conter situações diversificadas e interessantes, favorecendo a aprendizagem dos estudantes (...) visando à superação da aula verbalística, substituindo-a por práticas pedagógicas capazes de auxiliar a formação de um sujeito competente, apto a reconstruir conhecimentos e utilizá-los para qualificar a sua vida.*

Diante disso, é importante analisar, nas propostas elaboradas pelos pesquisadores da área de Educação em Física, quais recursos didáticos são utilizados, em que momento são aplicados e quais as vantagens e desvantagens do uso deles.

## II. OBJETIVO, PROBLEMA E QUESTÕES DE ESTUDO

Nossa investigação teve por objetivo realizar uma revisão bibliográfica referente a produção acadêmica sobre o Ensino da Física das Radiações Ionizantes, tomando como fonte de informações os periódicos brasileiros da área de Ensino de Física e Educação em Ciências, as atas de congressos e as teses e dissertações. Buscamos sintetizar os trabalhos que possuem como foco a elaboração e/ou a implementação de propostas didáticas. Assim, procuramos responder o seguinte problema: Qual a perspectiva das propostas didáticas sobre o Ensino da Física da Radiações Ionizantes?

Várias questões que parecem relevantes permearam nosso estudo, são elas: a) qual a frequência de propostas didáticas nos diferentes meios de publicação revisados? b) quais são os objetivos das propostas, suas abordagens e metodologias? c) A que resultados, as propostas implementadas, têm chegado?

## III. DESENVOLVIMENTO

Primeiramente, definimos os descritores que direcionaram as buscas realizadas. Optamos por realizar a revisão em três tipos de publicações: as teses e dissertações defendidas em Programas de Pós-graduação da área de Educação e Educação em Ciências; atas de congressos científicos e periódicos indexados, ambos da área de Educação em Ciências.

A catalogação das teses e dissertações foi realizada por meio de consulta ao Banco de Teses e Dissertações da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES). De acordo com as informações presentes no sítio eletrônico da CAPES, o Banco de Teses faz parte do Portal de Periódicos desta agência e constitui-se em uma ferramenta de busca e consulta a resumos de teses e dissertações defendidas em todo o país nos cursos de doutorado e mestrado reconhecidos pela CAPES.

As informações presentes no banco são fornecidas à CAPES pelos programas de pós-graduação, que se responsabilizam pela veracidade dos dados. No banco é possível realizarmos a busca por autor, título e palavras-chave. Em nosso estudo, realizamos a busca por meio das seguintes palavras-chave: Radioatividade, Radiação, Física Nuclear, Decaimento Radioativo, Marie Curie, Becquerel e Usinas de Energia Nuclear.

Após identificarmos as teses e dissertações, passamos para a etapa de localização e acesso ao texto completo destas produções. Para tanto, acessamos o portal do Ministério da Educação denominado “Domínio Público”. Ele foi lançado em 2004 e é uma biblioteca digital desenvolvida em software livre que permite a coleta de obras científicas, artísticas e literárias, na forma de textos, sons, imagens e vídeos que tenham a sua divulgação autorizada. Quando não foi possível obtermos acesso aos textos completos por meio do portal “Domínio Público”, acessamos os sites dos programas nos quais os estudos foram realizados.

As produções identificadas foram registradas em tabelas nas quais registramos o tipo de produção (tese ou dissertação), ano da publicação, nome do autor, título e orientador do estudo e instituição na qual foi desenvolvida.

Na continuidade, mapeamos as produções divulgadas em congressos da área de Educação em Ciências/Ensino de Física e registradas em suas respectivas atas. Utilizamos como critério de seleção, dos congressos a serem revisados, o fato deles serem destinados especificamente para a comunidade de Educadores em Física ou de Educadores em Ciências. Outro aspecto que levamos em consideração é o de possuímos os anais/atas de todas as edições realizadas.

Assim, optamos por revisar as atas de três congressos que consideramos como os de maior expressão em nossa comunidade nacional, são eles: Simpósio Nacional de Ensino de Física - SNEF (I até a XXI edição), Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – EPEF (I até a XIV edição) e o Encontro Nacional de Educação em Ciências - ENPEC (I até a IX edição).

Os congressos escolhidos para revisão são bianuais, sendo os dois primeiros promovidos pela Sociedade Brasileira de Física (SBF) e o último pela Associação Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências (ABRAPEC). Os dois primeiros são realizados em anos alternados, assim como o primeiro e o último. Foram revisadas todas as edições de cada um deles, as quais tivemos acesso e realizadas até a data da redação desta revisão, ou seja, fevereiro de 2019.

As produções identificadas nesta etapa foram registradas em tabelas nas quais registramos o congresso no qual o trabalho foi apresentado, sua edição e ano de realização, o título do estudo e nome do(s) autor(es).

Tendo concluída a revisão das teses e dissertações e dos trabalhos registrados nas atas dos eventos, iniciamos a revisão dos periódicos nacionais. Optamos por revisar os 15 periódicos com maior relevância para a área de Ensino de Ciências. Assim, os periódicos revisados foram: A Física na Escola; Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia; Caderno Brasileiro de Ensino de Física; Ciências em

Foco; Ciência em Tela; Ciência & Educação; Ciência & Ensino; Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências; Experiências em Ensino de Ciências; História da Ciência e Ensino: construindo interfaces; Investigações em Ensino de Ciências; Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia; Revista Brasileira de Ensino de Física; Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências e; Tear: Revista de educação ciência e tecnologia.

Todos os periódicos foram revisados em suas respectivas páginas na internet e, as informações relativas aos volumes, números e anos revisados, quantidade de trabalhos encontrados, títulos e autores foram registradas em tabelas.

Em seguida, para que fosse possível criar categorias de análise para classificação dos estudos identificados e realizar a análise de conteúdo e tabulação dos dados com a elaboração de registros em quadros e tabelas, realizamos a leitura cuidadosa de cada uma das produções, na íntegra. Como esclarecem Fernandes e Megid Neto (2007),

*...nem todos os resumos se encontram elaborados de maneira adequada aos objetivos deste gênero textual em âmbito acadêmico. Um único autor pode produzir vários resumos diferentes de um mesmo trabalho, atendendo às exigências dos programas de pós-graduação, da CAPES, da ANPEd, ou ainda às adaptações exigidas pelos catálogos eletrônicos. Diante disto, resta-nos saber se a classificação apenas pelos resumos irá nos fornecer subsídios para uma classificação adequada dos trabalhos envolvidos. Para que isso ocorra, muitas vezes devemos recorrer à leitura do trabalho na íntegra.*

De maneira semelhante ao apontado pelos autores acima citados, encontramos com muita frequência resumos que não explicitam aspectos essenciais de uma pesquisa acadêmica, como objetivos, metodologia, resultados e conclusões, dedicando-se somente a apresentar o tema de estudo e sua justificativa (Fernandes, 2009).

No que diz respeito a elaboração dos resumos e a realização de classificação apenas por eles, Fernandes (2009) faz as seguintes recomendações:

*É importante incentivar os programas de pós-graduação a cuidar desses aspectos, alertando aos pós-graduandos sobre a importância da elaboração cuidadosa dos resumos, para que estes contribuam na divulgação e facilitem o acesso à produção acadêmica. Enquanto providências nesse âmbito não forem tomadas, deve-se evitar a realização de classificações apenas pelos resumos dos trabalhos envolvidos. Somente a leitura do trabalho na íntegra pode garantir uma classificação mais segura e adequada, ressaltados, claro, as subjetividades de cada pesquisador ou equipe.*

Seguindo as recomendações da autora, realizamos a leitura completa das produções identificadas. A análise quantitativa e qualitativa, para responder a questões de estudo, são exibidas a seguir.

#### IV. RESULTADOS

Identificamos um total de 116 estudos relacionados ao Ensino da Física das Radiações Ionizantes. Deste total, mapeamos 98 trabalhos que elaboraram e/ou aplicaram propostas de ensino.

Nas propostas mapeadas, encontramos diversos recursos didáticos utilizados pelos pesquisadores. Entre os recursos utilizados nas produções identificadas para a mediação da Física das Radiações estão: textos de divulgação científica, simulações computacionais, mapas conceituais, vídeos, animações, debates e explicações orais do professor.

Percebemos uma pluralidade de recursos no ensino deste tópico conceitual. Os recursos didáticos são ferramentas com alta relevância para a aprendizagem dos alunos. São meios que promovem a visualização do conteúdo e, através desses meios, os conceitos são assimilados e tornam-se significativos. Destacamos os recursos mais utilizados, pelos pesquisadores, a seguir.

##### A. Textos de divulgação científica

A maior parte dos trabalhos (35) utilizam, em algum momento de sua proposta didática, textos de divulgação científica. O texto pode ser um importante recurso na medida em que pode auxiliar na explicação detalhada das Radiações Ionizantes. Várias das propostas fizeram o uso deste recurso para explicar, por exemplo, os tipos de radiações, com textos e imagens que diferenciavam e caracterizam as radiações alfa, beta e gama.

A integração de textos de divulgação científica como recurso educacional emerge como representação das novas propensões curriculares, assim como de novas perspectivas sobre o ensino de física e sobre a educação científica. Essas perspectivas salientam a necessidade de aprimoramento dos conteúdos culturais escolares e para a construção de metodologias, as quais viabilizem o desenvolvimento também cultu-

ral dos estudantes, considerem uma educação para a cidadania e assegurem, no que diz respeito à competência científica, uma reflexão sobre os princípios associados à ciência, às suas motivações e suas repercussões em nossa sociedade.

Alguns dos textos utilizados nas propostas dissertam sobre a História da Física. Isso é adequado já que o texto é um recurso pertinente para o aprendizado da história, pois permite maior detalhamento do que é relatado. No entanto, os textos de divulgação científica merecem atenção especial por serem textos que podem aproximar os estudantes da ciência, de uma forma atrativa e significante. De acordo com Silva e Almeida (1999),

*o fato desses textos alternativos serem escritos em linguagem informal, menos técnica, de trazerem conteúdos atuais, e com vínculos com a visão de mundo dos alunos (conhecimentos, valores, sentimentos), trabalhando com a curiosidade e preocupando-se com o prazer da leitura, são algumas das características apontadas como relevantes nos textos de divulgação científica, no sentido de contribuírem para a instauração de um contexto de leitura efetivo em sala de aula e para a criação de hábitos de leitura.*

Brugliato e Almeida (2017) utilizaram um texto sobre a descoberta do núcleo atômico por Rutherford. Os autores tiveram alguns empecilhos, provenientes do desinteresse, por parte dos alunos, das aulas de física. Entretanto, os alunos que tiveram participação ativa na atividade, desfrutaram de uma adequada produção de sentidos.

*Temos, geralmente, aulas voltadas amplamente para a resolução de exercícios, o que pode afastar os alunos da disciplina. Vemos então, nas atividades envolvendo leituras de outros tipos de discursos, além do livro didático, uma alternativa para tornar a Física mais próxima da realidade do aluno, assim como de valorizamos trabalhos com leitura no ambiente escolar.*(Brugliato e Almeida, 2017)

Levando em consideração o conjunto de trabalhos analisados, podemos inferir que os textos de divulgação científica são um recurso oportuno para as aulas de física. Porém, é necessário um comprometimento dos estudantes com a leitura. Talvez, a comumente “aula de exercícios” tenha gerado desinteresse dos alunos pela física, que manifestaram aversão às atividades de leitura, esta que foi verificada no trabalho de Brugliato e Almeida (2017). Diante disso, parece ser fundamental, para a mudança desse paradigma, a utilização dos recursos didáticos, como os textos de divulgação científica.

## B. Vídeos

Um recurso muito utilizado nos estudos mapeados (32) são os vídeos. Diversos trabalhos incluem a exibição de vídeos nas propostas didáticas com o objetivo de auxiliarem na demonstração dos processos que ocorrem nas radiações com o tempo. Outros exibem, por exemplo, a propagação de uma onda eletromagnética, algo que não seria exequível em uma lousa, uma vez que, só seria possível realizar um desenho estático. Vídeos sobre experimentos também são recorrentes. Uma possível justificativa para o uso de vídeos é o fato de que diversos experimentos de física moderna utilizam equipamentos caros e que são difíceis de serem realizados, em razão das condições quase ideais que são necessárias. Os vídeos também interpõem explicações e animações/imagens reais, o que pode facilitar o entendimento, por parte do aluno, do que é exibido. De acordo com Cinelli (2003),

*A primeira das grandes vantagens do vídeo em sala de aula está no fato do utilizador poder manuseá-lo, manipulá-lo como se “folheasse um livro”: avanços, recuos, repetições, pausas, todas essas interferências no ritmo e norma habitual de apresentação da mensagem audiovisual que distinguem a televisão do vídeo.*

Os vídeos, utilizados nas pesquisas identificadas, explicavam sobre: radioatividade, radiação ionizantes, fissão e fusão nuclear. Havia também vídeos de programas televisivos (jornais, reportagens), vídeos de experimento, animações, entre outros. Entre os trabalhos identificados, destacamos o de Resquetti (2013), que utilizou um grande conjunto de vídeos, no total 15, que abrangem os seguintes temas: terremoto tsunami no Japão, problemas dos reatores e consequências da radiação do acidente de Fukushima, tubo de Crookes, descoberta do elétron, raios catódicos, experimento de Becquerel, experimento de Rutherford, tipos de radiação (alfa, beta e gama), fissão nuclear, reação em cadeia, ciclo do urânio e Bombardeamentos de Nagasaki e Hiroshima.

Resquetti, em sua pesquisa, também realizou uma entrevista com 10 professores de Física do Ensino Médio da rede pública. Uma das questões tratava sobre quais recursos didáticos os professores julgavam fundamentais para as aulas. Com as respostas dadas o autor chegou na seguinte consideração:

*Vídeos e imagens foram avaliados como recursos didático-pedagógicos fundamentais por 50% dos entrevistados. Para o ensino de radioatividade, consideramos essas ferramentas extremamente importantes, uma vez*

*que facilitam a compreensão dos conceitos físicos envolvidos, além de enriquecerem a abordagem da História e Filosofia das Ciências e da relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade. Não obstante, 50% dos professores entenderam que o uso de tais recursos é dispensável para estudo, pesquisa e preparação de aulas.* (Resquetti, 2013)

De acordo com as pesquisas mapeadas nesta categoria, podemos inferir que os vídeos possuem grande potencial de aprendizagem, podendo ser um recurso complementar para uma sequência de aprendizagem. Entretanto, não são todos os professores que manifestam interesse pelo uso de vídeos. Por sua vez, os que apresentam interesse possuem grande dificuldade em selecionar os vídeos e incorporarem em sua prática docente.

### C. Simuladores

Outro recurso muito utilizado nas propostas mapeadas foi a simulação computacional (20). Ela pode ser um recurso apropriado para o ensino de radiações, uma vez que, o aluno poderá visualizar os fenômenos que não são observáveis a olho nu. Segundo Andrade e Costa (2006),

*As simulações computacionais consistem em arranjos de dados programados segundo valores iniciais instituídos por seu utilizador ou criador. Podem conter ou não imagens. Essas descrevem, momento a momento, o comportamento de um sistema físico, como lançamentos de projéteis ou mudanças no comportamento de ondas quando encontram obstáculos. Podem permitir, ou não, que seus valores iniciais sejam alterados. Caso positivo, é um recurso muito útil para certificação de hipóteses.*

*Um tipo de simulação computacional que não dispõe de imagens pode ser utilizada para obtenção de previsões de acontecimentos no mundo microscópico para dada situação, como por exemplo a interação dos Raios X com os tecidos biológicos. Neste tipo de simulação o computador somente realiza cálculos e os resultados apresentados são interpretados pelo pesquisador.*

Soares, Moraes e Oliveira (2015) fizeram o uso de 3 simuladores do Physics Educational Technology (PhET) da Universidade do Colorado. O primeiro “Lâmpada de neônio e outras lâmpadas de descarga” ajudou os alunos a visualizarem fenômenos que não são visualizados no cotidiano.

*Isso ficou evidente quando um dos estudantes comentou que “é meio complexo de entender como o átomo funciona, isso foge da minha cabeça(sic)”. (Soares, Moraes e Oliveira, 2015)*

O segundo simulador “Jogo da Datação Radioativa” colaborou para que os estudantes atingissem uma melhor visualização dos processos envolvidos e incentivou os estudantes a terem mais interesse pelo tema. De maneira relativamente simples e efetiva, entenderam como ocorre o processo de decaimento radioativo e que a meia-vida é o tempo para que metade de uma amostra radioativa decaia de um átomo para outro átomo. Por fim, foi possível associar esse simulador com a matemática envolvida na datação. De acordo com os autores

*...o fato deste simulador apresentar o gráfico do decaimento radioativo nas abas “Medidas” e “Jogo da Datação” permitiu fazer uma relação direta com a função matemática do modelo de decaimento. A importância disso está no fato de que pudemos abordar a matemática de forma não excessiva, mas sem abandoná-la.* (Soares, Moraes e Oliveira, 2015)

O último simulador utilizado pelos autores, do mesmo modo que os anteriores, permitiu que os alunos visualizassem e obtivessem uma melhor compreensão dos fenômenos físicos abrangidos. Neste caso, os conceitos estudados foram a fissão nuclear e a reação em cadeia.

*Após a utilização do simulador “Fissão Nuclear” para apresentar o processo de reação em cadeia, os estudantes se surpreenderam com a quantidade de reações e que outras ocorriam como resultado de uma anterior, facilitando assim a compreensão de tal processo.* (Soares, Moraes e Oliveira, 2015)

Na pesquisa de Silva Neto (2008), o autor utilizou um Applet Java, o qual simula o efeito Compton. Nessa simulação os alunos conseguiram relacionar o que estavam aprendendo com algo do cotidiano, o que é capaz de proporcionar uma aprendizagem efetiva, segundo a Teoria da Aprendizagem Significativa.

*A partir da variação do ângulo de detecção dos fótons espalhados, os alunos puderam relacionar a simulação com a teoria, discutindo a validação do modelo corpuscular para as radiações. Segundo a fala de um aluno: “É como jogar sinuca. Se bater de frente a bola volta e se bater de raspão ela vai para um lado.” (Silva Neto, 2008)*

Pelo conjunto de trabalhos analisados, é possível perceber que, em geral, as simulações tiveram um bom impacto na aprendizagem dos alunos, em especial, a melhor visualização dos fenômenos físicos relacionados às radiações ionizantes.

Por outro lado, existe ainda uma variedade de outros recursos que foram utilizados nas pesquisas, entre eles: atividades experimentais, mapas conceituais, debates/discussões em grupo, teatros, uso de data-show, entre outros. No trabalho aqui relato, demos ênfase aos que consideramos mais significativos de serem pontuados e que apresentaram maior quantitativo de uso.

Para finalizarmos, pontuamos um conjunto de resultados obtidos, em relação às propostas implementadas, pelos autores em seus estudos. Entre os mais expressivos destacamos os seguintes:

- a) Os estudantes, apesar de conhecerem sobre o tema, apresentam ideias desarticuladas e parcialmente corretas. Pode-se constatar também que o desenvolvimento de unidades de aprendizagem revelou-se capaz de mostrar diferenças significativas nas respostas dos grupos analisados, o que parece evidenciar que as unidades de aprendizagem, em geral, auxiliam a superar algumas das lacunas apresentadas inicialmente pelos alunos;
- b) As sequências didáticas elaboradas nas pesquisas possibilitaram uma evolução conceitual, tanto nas concepções da Natureza da Ciência como no próprio conceito de radiação, raios X e radioatividade, fato observado através das discussões e do comparativo entre às respostas presentes nos questionários aplicados aos sujeitos das pesquisas;
- c) Os estudantes se orientam, a respeito de ciência, utilizando programas de televisão, internet e escolas como principais fontes de informação;
- d) É importante utilizar ferramentas diferentes que aproximem o ensino da física à vida real, sem que os alunos sejam obrigados a decorar equações;
- e) O livro didático exerce uma influência significativa no trabalho de professores da escola básica. Tal material escolar não pode ser visto como o único ou principal recurso para o ensino-aprendizagem dos conteúdos conceituais, tampouco ditar o currículo, definir metodologias ou organizar o cotidiano em sala de aula;
- f) Estudantes afirmam que o uso de simuladores possibilita melhor visualização dos processos e desperta mais interesse pelo tema;
- g) Maioria dos sujeitos das pesquisas apresentou Representações Sociais inseridas no universo consensual, produzidas pelo pouco conhecimento dos alunos acerca do tema, evidenciando ideias presentes no senso comum;
- h) O tema Radiação foi relacionado a questões ligadas a malefícios da saúde, questões que remetem à bomba atômica, a contaminação e a tecnologia, temas estes recorrentes nos meios de comunicação;
- i) Nas pesquisas mapeadas, os professores, em geral, gostariam de colocar em prática as propostas de ensino de radioatividade a seus alunos do Ensino Médio. Porém, a carga horária de apenas duas aulas semanais é um problema com o qual o professor tem muita dificuldade de lidar.

Após exibirmos alguns dados e resultados a que chegamos, apresentamos, a título de finalização, nossas considerações finais.

## V. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse trabalho, procuramos dar um primeiro passo em direção a sistematização das propostas didáticas em pesquisas com foco no Ensino de Radiações Ionizantes, a partir da construção de um quadro panorâmico relativo aos papéis das mesmas. Outros trabalhos podem propor análises diferentes daquela aqui apresentada.

Mapear e reconhecer as propostas já publicadas, os materiais e as possibilidades que eles podem nos oferecer, o que inclui uma análise de sua natureza, ajuda a delimitar o tipo de uso que deles podemos fazer. Consideramos que nosso trabalho coloca a disposição dos professores um quadro do que já se produziu na área de Ensino de Física acerca das propostas para o Ensino da Física das Radiações Ionizantes. De posse do nosso trabalho, professores poderão escolher uma proposta que seja compatível com sua realidade e/ou adaptá-las ao seu contexto educacional.

Podemos afirmar que a Física das Radiações Ionizantes não tem sido um tópico prioritário na prática da maioria dos professores da Educação Básica. Perante isso, uma justificativa para os estudos identificados é a preocupação dos pesquisadores da área de ensino no que diz respeito a transposição deste conteúdo para as aulas de física do Ensino Médio. Para tanto, os pesquisadores têm se dedicado a elaboração e implementação de propostas de ensino com diferentes focos, entre eles: CTS, História da Ciência e/ou Interdisciplinar, Linguagens, entre outras.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP, Proc. nº 2017/07166-2), bem como a Pró-reitoria de Pesquisa da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (PROPe/UNESP) pelas bolsas de Iniciação Científica concedidas ao primeiro e ao segundo autores.

## REFERÊNCIAS

- Andrade, M. A. y Costa, S. S. C. (2006). O uso de simulações computacionais para o ensino de óptica no ensino médio. *Experiências em Ensino de Ciências*, 1(2), 18-29.
- Borges, R. M. R. y Lima, V. M. R. (2007). Tendências contemporâneas do ensino de Biologia no Brasil. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, 6(1),165-175.
- Brugliato, E. T. y Almeida, M. J. P. M. (2017). Leitura e mediação em aulas de física do ensino médio: um estudo sobre o experimento de Rutherford. *Experiências em Ensino de Ciências*, 12(5),223-241.
- Cinelli, N. P. F. (2003). A influência do vídeo no processo de aprendizagem. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Santa Catarina.
- Fernandes, R. C. A. (2009) Tendências da pesquisa sobre o ensino de ciências nas séries iniciais da escolarização. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Educação, Universidade Estadual de Campinas.
- Fernandes, R. C. A., Megid Neto, J. (2007) Pesquisas sobre o estado da arte em educação em ciências: uma revisão em periódicos científicos brasileiros. *VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 28 de novembro a 1 de dezembro, Florianópolis, SC.
- Ministério da Educação (1999). *Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parte III - Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília.
- Resqueti, S. O. (2013). Uma sequência didática para o ensino da radioatividade no nível médio, com enfoque na história e filosofia da ciência e no movimento CTS. Dissertação de Mestrado, Faculdade de Educação, Universidade do Estado de Minas Gerais.
- Silva Neto, J. (2008). A física moderna no processo de formação de técnicos na área de radiologia médica. Dissertação de Mestrado, Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- Silva, H. C. y Almeida, M. J. P. M. (1999). Uma revisão de trabalhos sobre o funcionamento de textos alternativos ao livro didático no ensino da física. *II Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*, 01-04 de setembro, Valinhos, SP.
- Soares, A. A., Moraes, L. E. y Oliveira, F. G. (2015). Ensino de matéria e radiação no ensino médio com o auxílio de simuladores interativos. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 32(3),915-933.
- Vianna, D. M. (1998). Do fazer ao ensinar ciência. Tese de Doutorado, Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo.