

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
DEPARTAMENTO DE FÍSICA**

Bruno Pavani Bertolino

**PROPOSTA DIDÁTICA PARA ENSINO DE FÍSICA NUCLEAR A PARTIR DE
LEITURA DE TEXTOS**

Florianópolis

2018

Bruno Pavani Bertolino

**PROPOSTA DIDÁTICA PARA ENSINO DE FÍSICA NUCLEAR A PARTIR DE
LEITURA DE TEXTOS**

Trabalho de Conclusão de Curso submetido ao Curso de Licenciatura em Física para a obtenção do Grau de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Dr. Henrique César da Silva

Florianópolis

2018

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Bertolino, Bruno Pavani

Proposta Didática para Ensino de Física Nuclear a
partir de Leitura de Textos / Bruno Pavani
Bertolino ; orientador, Henrique César da Silva,
2018.

29 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de
Ciências Físicas e Matemáticas, Graduação em Física,
Florianópolis, 2018.

Inclui referências.

1. Física. 2. Leitura. 3. Produção de Textos. 4.
Física Nuclear. I. César da Silva, Henrique. II.
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em
Física. III. Título.

Bruno Pavani Bertolino

**PROPOSTA DIDÁTICA PARA ENSINO DE FÍSICA NUCLEAR A PARTIR DE
LEITURA DE TEXTOS**

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado aprovado para a obtenção do Título de “Licenciado em Física”, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Licenciatura em Física.

Florianópolis, 02 de janeiro de 2018.

Prof. Me. João José Piacentini
Coordenador do Curso de Licenciatura em Física
Universidade Federal de Santa Catarina

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Henrique César da Silva
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Sidney dos Santos Avancini
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof^a. Dr^a. Karine Halmenschlager
Universidade Federal de Santa Catarina

Aos meus pais, José Roberto e Silvia.

AGRADECIMENTOS

Ao orientador, Prof. Dr. Henrique César da Silva, pela orientação, dedicação e compreensão.

À Universidade Federal de Santa Catarina, através do Departamento de Física, que me possibilitou a oportunidade de realizar este trabalho.

Aos meus pais, José Roberto Bertolino e Sílvia Pavani, que sempre me apoiam.

Aos colegas de curso.

A todos os que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Neste trabalho, apresentamos uma proposta didática direcionada ao Ensino Médio, que procura introduzir o tema “Física Nuclear” utilizando como estratégia didática principal a leitura e produção de textos. Baseamos nossas estratégias na literatura da área, particularmente na Teoria da Análise do Discurso. Realizamos também uma breve revisão da literatura com as intenções de informar a nossa própria proposta e de resumir o estado-da-arte em propostas didáticas voltadas ao ensino de Física Nuclear no Brasil.

Palavras-chave: Leitura, Produção de Textos, Física Nuclear

ABSTRACT

In this work, we present a didactic sequence oriented to the final stage of Brazilian basic education, seeking to introduce the theme of “Nuclear Physics” by using reading and writing activities as our main strategy. We based our strategies on the literature, particularly on the Theory of Discourse Analysis. We have also performed a brief review of the literature, intending to inform our own proposal and to summarise the state-of-the-art of education research as it concerns proposals for the teaching of Nuclear Physics in Brazil.

Keywords: Reading, Writing Activities, Nuclear Physics

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	1
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1	METODOLOGIA	3
2.2	DESCRIÇÃO DA BIBLIOGRAFIA	5
2.2.1	Física Médica	5
2.2.2	Física Nuclear	7
2.2.3	Física de Partículas	9
2.3	ANÁLISE DA BIBLIOGRAFIA	10
3	PROPOSTA DIDÁTICA	15
3.1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
3.2	DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA	16
3.3	DISCUSSÃO	23
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
	REFERÊNCIAS	27

1 INTRODUÇÃO

Neste trabalho, apresentamos uma proposta didática que procura introduzir o ensino da Física Nuclear no Ensino Médio. A Física Nuclear, embora esteja já presente em alguns livros didáticos aprovados no Plano Nacional do Livro Didático (PNLD), ainda é relativamente pouco explorada no Ensino Médio - ainda menos do que outras áreas da Física Moderna. A exceção a essa regra é o fenômeno da emissão de radiações ionizantes, ou radioatividade, que parece encontrar maior aceitação neste meio, talvez por causa da maior facilidade de estabelecer relações entre esse conteúdo e abordagens CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade). Em nossa proposta, não abdicamos da discussão da radioatividade, mas procuramos oferecer uma perspectiva um pouco mais completa do que compreende a Física Nuclear, ainda que sem aprofundamento teórico. Nesse sentido, nossa proposta faz uma relação orgânica entre o fenômeno da radioatividade, os modelos atômicos e nucleares, fundamentos de Física Quântica e Física de Partículas, sem entrar nas particularidades da disciplina.

Em geral, o nosso “público alvo” é a escola pública brasileira, particularmente no estado de Santa Catarina mas, como proposta em educação, acreditamos que ela seja passível de aplicação em outros contextos geográficos, socioeconômicos e educacionais. Baseamos grande parte da nossa proposta em atividades de leitura e produção de textos, sustentadas teoricamente pela Teoria da Análise do Discurso na sua linha francesa, apresentada inicialmente por Pêcheux e posteriormente desenvolvida também por autores brasileiros como Orlandi, Almeida e Ricon, e Silva (ORLANDI, 1983; ALMEIDA; RICON, 1993; SILVA, 1997). De certa forma, pensamos que a dificuldade de implementar um currículo de Física Nuclear em moldes tradicionais, mais voltados à mecanização da resolução de exercícios, oferece uma oportunidade para o uso de métodos alternativos e até mesmo para a busca de um refinamento epistemológico nas propostas educacionais em Física.

Com o objetivo duplo de sustentar mais solidamente a nossa pesquisa e de informar os leitores sobre o estado atual das propostas de ensino de Física Nuclear no Brasil, realizamos uma breve revisão bibliográfica, citando e resumindo os artigos que julgamos mais relevantes dentre aqueles que encontramos nesta área de pesquisa publicados em anos recentes. É nossa intenção acrescer aos esforços que vêm sendo realizados pela comunidade científica, e particularmente pela comunidade de pesquisadores brasileiros na área de Ensino de Física, de maneira que esperamos que nosso trabalho possa ser útil para o desenvolvimento dessa pesquisa a

longo prazo.

Isto não significa que os nossos objetivos sejam exclusivamente acadêmicos - a proposta apresentada aqui pode - e foi - aplicada com sucesso em uma escola pública brasileira, e pode servir como fundamentação e guia para professores. De fato, a abordagem tanto acadêmica como essencialmente prática realizada aqui procura facilitar e promover a atividade do professor - principalmente no ensino básico, mas também de maneira mais geral - como professor-pesquisador, interessado na sua atividade de educador como uma forma de produção de conhecimento, e também na abordagem de conteúdos de Física relativamente menos comuns no contexto escolar, incentivando que, se necessário, o professor procure também atualizar-se em relação aos conteúdos abordados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Iniciamos este trabalho com a revisão da bibliografia relativa a propostas didáticas focadas em Física Nuclear e conteúdos assemelhados. Nossa intenção foi a de ter uma imagem mais ampla dos trabalhos que vêm sendo realizados recentemente na área, de maneira a auxiliar no desenvolvimento da nossa própria proposta, tanto no sentido de aproveitar os conhecimentos publicados como no de buscar alguma inovação com respeito às metodologias e recursos didáticos utilizados, de acordo com a literatura da área do Ensino de Física.

2.1 METODOLOGIA

De início, adotamos como recorte para os trabalhos que seriam analisados os seguintes critérios: em primeiro lugar, o trabalho deveria ter conexão suficientemente direta com conteúdos de Física de altas energias (Física nuclear e Física de partículas); em segundo lugar, o trabalho necessitaria discutir, preferencialmente de maneira prática com uma proposta didática, mas ao menos em nível teórico, a aplicação das ideias desenvolvidas no trabalho em educação.

Além disso, realizamos um recorte de publicações pesquisadas, assim como da data de publicação. Selecionamos as publicações pesquisadas com o intuito de nos atermos a publicações brasileiras focadas no Ensino de física ou no Ensino de Ciências. É importante dizer que nossa amostragem não foi extensiva, e nem todas as publicações relevantes foram objeto da revisão bibliográfica. As publicações pesquisadas, elencadas pela classificação no sistema Qualis CAPES, foram as seguintes:

- Revista Brasileira de Ensino de Física, A1
- Caderno Brasileiro de Ensino de Física, A2
- Investigações em Ensino de Ciências, A2
- Alexandria - Revista de Educação em Ciência e Tecnologia, A2
- Experiências em Ensino de Ciências, B1
- Física na Escola, B2

Quanto à data de publicação, nossas datas de corte foram o início da presente década, ou seja, o dia primeiro de janeiro de 2011, e o dia 30

de novembro de 2017. A intenção do corte foi de direcionar nossa pesquisa às publicações mais recentes, que representem, ainda que parcialmente, o estado da arte na pesquisa em Ensino de Física e Ensino de Ciências no Brasil.

Para selecionar os trabalhos quanto ao primeiro critério apresentado, utilizamos a metodologia proposta por Rosa (ROSA, 1993), que sugere a seleção de dez a vinte palavras-chave como primeiro passo para a seleção do *corpus*, seguido da definição do escopo, que é constituído pelas restrições de tempo, periódicos analisados e objetivos descritas acima. As palavras-chave escolhidas para os nossos propósitos foram as seguintes:

Física de partículas, nuclear, radioatividade, núcleo atômico, espaçamento, CERN, LHC, aceleradores de partículas, Bóson de Higgs, Modelo Padrão, Física de altas energias, radiação ionizante, bomba atômica, radiologia, nucleossíntese, raios cósmicos.

Nossa intenção na escolha dessas palavras-chave foi procurar atingir todas as publicações estritamente relacionadas aos nossos temas de interesse, mas também incluir publicações na periferia dessa área de interesse, de maneira a não excluir estudos de potencial importância. De fato, no decorrer da análise dos trabalhos, ficou evidente que em muitos casos havia várias inter-relações entre os temas escolhidos e outros como, por exemplo, o efeito fotoelétrico, modelos atômicos, temas de Física médica, Mecânica Quântica geral, entre outros. Foram excluídos, por sua vez, trabalhos que não focavam no ensino de Física como, por exemplo, aqueles voltados à Química.

Para o caso de trabalhos que focam em temas distintos daqueles por nós selecionados, ou que exploram uma variedade muito grande de temas, foi buscado determinar se havia atenção suficiente dada a pelo menos algum dos nossos temas de interesse de maneira relacionada à educação. Por necessidade, tal tipo de recorte tem certo grau de subjetividade, mas procuramos seguir nossos padrões de seleção da melhor maneira possível.

Após a seleção do *corpus* de análise, categorizamos todos os trabalhos selecionados segundo os seguintes critérios: Conteúdo, Abordagem e Público Alvo, notando que critérios subjetivos são necessários amiúde para identificar conteúdos e áreas específicos.

A categoria Conteúdo se refere às áreas da Física exploradas com maior profundidade no trabalho. Quando tal classificação seria efetivamente impossível, o trabalho foi classificado como “Conteúdos Variados” nessa categoria. As categorias encontradas foram: Física Médica, Física Nuclear e Física de Partículas.

A categoria Abordagem envolve áreas frequentemente discutidas na área de Ensino de Ciências e utilizadas na categorização de trabalhos em

congressos. As categorias encontradas nos trabalhos selecionados foram: Argumentação e Controvérsias, Atividades Lúdicas, Audiovisual, Cognição e Ensino de Ciências, Experimentação, História e Epistemologia da Ciência, Mapas Conceituais, Prática de Leitura, Simulação e Simulação de Experimento em Ambiente Virtual.

Na categoria Público Alvo, dividimos os trabalhos segundo o público ao qual as interferências didáticas propostas seriam destinados, ao menos de maneira geral. Nesta categoria, temos as classificações: Ensino Médio, Ensino Técnico, Ensino Superior e Pós-Graduação e Geral.

2.2 DESCRIÇÃO DA BIBLIOGRAFIA

Em nossa pesquisa, encontramos 14 (quatorze) artigos que cumpriram os requisitos delineados na seção 2.1, formando nosso *corpus* de análise. Dividimos os trabalhos em categorias de Conteúdo, Abordagem e Público Alvo, como especificado na seção anterior. Nesta seção, descreveremos brevemente, um a um, os trabalhos selecionados. Para facilitar a leitura, dividimos os trabalhos em subseções de acordo com a sua classificação na categoria Conteúdos. A escolha da categoria como base para dividir os trabalhos foi arbitrária, procurando simplesmente atender à necessidade de elencar os trabalhos e tornar o presente texto mais organizado.

2.2.1 Física Médica

Três dos trabalhos realizados se focam no conteúdo de Física Médica - dois de 2011 ((SILVA NETO; OSTERMANN; PRADO, 2011), (OLIVEIRA; ARAÚJO, 2011)) e outro de 2017 ((SÁ et al., 2017)):

Silva, Ostermann e Prado (2011), **O tema da dualidade onda-partícula na educação profissional em radiologia médica a partir da simulação do interferômetro de Mach-Zehnder**. Foi desenvolvida uma proposta didática com alunos de um curso de formação técnica em radiologia médica. O foco do trabalho foi o uso de uma simulação computacional do experimento do interferômetro de Mach-Zehnder. Há de se ressaltar também a elaboração de uma plataforma virtual específica para a proposta, com o uso de temas e atividades propostas, em parte, pelos próprios alunos do curso durante entrevista realizada anteriormente à aplicação. A participação ativa dos alunos foi uma preocupação permanente dos autores. Também houve o uso significativo de leituras e debates acerca de temas

abordados em textos jornalísticos, embora isto não tenha sido objeto de reflexão mais aprofundada no trabalho. Os autores concluem que tanto a abordagem participativa como o uso da simulação atingiram os resultados desejados - em suma, os alunos adquiriram maior autonomia na sua relação com o conteúdo estudado, afastando-se da mera repetição da técnica.

Oliveira, Araújo (2011), **Utilização de recursos de aprendizagem na abordagem do tema Física das radiações no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins**. Neste trabalho, os autores utilizam os Mapas Conceituais e os diagramas tipo “V de Gowin” como recursos didáticos no ensino de Física de radiações no âmbito da formação de técnicos de diversas áreas, mas particularmente voltado a uma disciplina de Física Aplicada ministrado aos alunos do curso de Sistemas Elétricos e a um curso de Extensão em Física Médica. Os autores criaram uma sequência didática que compreende o ensino e a discussão dos recursos didáticos em si, a sua aplicação na organização hierárquica de conceitos importantes no curso e um questionário. Os autores avaliaram que a proposta foi bem sucedida em ampliar a divulgação de temas científicos e de sua aplicabilidade em ambientes diversos aos alunos de cursos de formação profissional, criando uma percepção favorável neles.

Sá *et alii* (2017), **Interação da Física das Radiações com o Cotidiano: uma prática multidisciplinar para o Ensino de Física**. Os autores propõem a utilização de um kit experimental de relativo baixo custo para a exploração do conteúdo de Física das radiações, particularmente fenômenos de interação da radiação eletromagnética com a matéria desde energias mais baixas (efeito fotoelétrico), até as médias (efeito Compton) e altas energias (produção de pares). A ideia fundamental é produzir imagens de objetos tridimensionais complexos através da sobreposição de muitas medidas de intensidade de radiação que atravessam o objeto, portanto, uma técnica radiográfica. O kit experimental foi construído pelos autores e envolve um contador Geiger-Müller, fontes radioativas e os objetos a serem detectados. Os autores notam que a grande quantidade de medidas necessária pode tornar inviável a obtenção de imagens mais complexas, e eles desenvolveram um kit simplificado para contornar o problema. A proposta didática foi aplicada com sucesso em um curso de mestrado profissionalizante voltado a (futuros) professores do Ensino Médio, mas os autores não determinam um público alvo específico.

2.2.2 Física Nuclear

Sete dos trabalhos realizados se focam no conteúdo de Física Nuclear - dois de 2012 ((SILVA, 2012), (VASCONCELOS; LEÃO, 1993)), um de 2015 ((SILVA, 2015)), dois de 2016 ((CORDEIRO; PEDUZZI, 2016), (STUMPF; OLIVEIRA, 2016)) e dois de 2017 ((BOFF; BASTOS; MELQUIADES, 2017), (BRUGLIATO; ALMEIDA, 2017)):

Silva (2012): **Laboratório virtual de Física Moderna - atenuação de radiação pela matéria.** Aqui, o autor descreve a implementação de uma simulação computacional de um sistema de detecção de radiação ionizante, modelando as características de uma “fonte” que pode ter suas propriedades alteradas, de “materiais” que serviriam como isolamento, com espessura variável, e de um “detector” com comportamento similar a um detector Geiger-Müller. A simulação de experimento foi utilizada com duas turmas de educação à distância no curso de Licenciatura em Física da UFSC, e o autor argumenta que ela tem os requisitos necessários para a atingir os objetivos dos cursos introdutórios de Física experimental em nível superior, segundo um comitê da *American Physical Society*.

Vasconcelos, Leão (2012): **Utilização de recursos audiovisuais em uma estratégia FlexQuest sobre radioatividade.** Em seu artigo, os autores descrevem o desenvolvimento e aplicação (em uma escola da rede privada da cidade do Recife - PE) de uma proposta didática baseada na criação de uma ambiente virtual que permite a execução de estudos dirigidos. Os autores criaram um módulo sobre o conteúdo de radioatividade baseado na plataforma *WebQuest*, já existente, adaptada para a exploração de conteúdos mais aprofundados. Como parte das tarefas incluídas no módulo, os autores exploraram a leitura de textos, elementos audiovisuais e elaboração de projetos, entre outros, como estratégias didáticas. Os autores avaliaram que as suas estratégias tiveram êxito em motivar os alunos e estimular o pensamento crítico em relação ao tema, particularmente no que concerne o bom aproveitamento de informações veiculadas na televisão e outros meios audiovisuais.

Silva (2015): **Laboratório virtual de Física Moderna - sistema para espectrometria gama.** Assim como no seu trabalho de 2012 ((SILVA, 2012)), o autor descreve aqui a implementação de uma simulação de experimento em ambiente virtual. Neste caso, a situação simulada consiste de uma fonte radioativa cujas propriedades podem ser alteradas, e de um detector de comportamento semelhante a um sistema de espectrometria de fótons (cintilador, fotomultiplicadora e analisador multicanal). Os experimentos simulados foram realizados em duas turmas do curso de Licenciatura em Física à distância da UFSC, associada à realização do experimento real. As-

sim como no seu trabalho anterior, o autor relaciona os resultados didáticos com as metas sugeridas pelo comitê da *American Physical Society*.

Cordeiro, Peduzzi (2016): **Valores, Métodos e Evidências: Objetividade e Racionalidade na Descoberta da Fissão Nuclear.** No artigo, os autores exploram a questão das escolhas teóricas realizada pelos cientistas pioneiros na descoberta da fissão nuclear, argumentando em defesa dos caminhos tortuosos e repletos de ajustes traçados por esses cientistas na busca pelos elementos transurânicos como uma reflexão da própria natureza da produção do conhecimento científico. Então, traçam uma linha de conexão entre essa análise e o ensino de ciências, sugerindo que uma abordagem didática desses episódios teria grande valor no sentido de trabalhar visões modernas de ciência.

Stumpf, Oliveira (2016): **Júri Simulado - o uso da argumentação na discussão de questões sociocientíficas envolvendo radioatividade.** Os autores exploram aqui o uso da estratégia didática do júri simulado na discussão de controvérsias sociocientíficas - em particular, na utilização de elementos radioativos em atividades humanas tais como a medicina, a arqueologia e a produção de energia. A proposta foi realizada em uma turma do Ensino Médio, e incluiu a realização de uma pesquisa bibliográfica pelos alunos, discussão oral em classe, exposição de documentário sobre o desastre de Chernobyl, elaboração de textos argumentativos e, finalmente a atividade de *role-play* simulando um júri para apresentação de argumentos e contra-argumentos. Os autores avaliaram que a questão geradora de caráter sociocientífico motivou bastante os alunos a se dedicarem às tarefas e que o método utilizado contribui para a formação de argumentações complexas por parte dos alunos.

Boff, Bastos e Melquiades (2017): **Práticas experimentais no ensino da Física Nuclear utilizando material de baixo custo.** No trabalho selecionado, os autores propõem duas atividades experimentais de baixo custo para o ensino de Física Nuclear, especificamente, a detecção dos núclídeos-filhos do Radônio-222 no ar ambiente através da coleta de poeira com aspirador, secador de cabelos ou ventoinha para computadores; e a medida do alcance de partículas alfa emitidas a partir do decaimento do Tório-232 presente em camisinhas de lampião. Os autores não relatam aplicação da proposta, mas argumentam em seu favor considerando a relativa facilidade da obtenção dos materiais necessários, a baixa intensidade da radiação emitida (tornando o aparato pouco perigoso) e a falta de alternativas experimentais no estudo de Física Nuclear.

Brugliato, Almeida (2017): **Leitura e mediação em aulas de Física do Ensino Médio: um estudo sobre o experimento de Rutherford.** Aqui, as autoras descrevem uma proposta que busca utilizar a prática de leitura

de maneira efetiva em sala de aula, voltada ao ensino de Física. O uso de textos, portanto, é importante objeto de análise das autoras. Este artigo específico trata da análise de uma das aulas, na qual os alunos foram apresentados a um texto sobre a descoberta do núcleo atômico por Ernest Rutherford. No entanto, a aula se encaixa no contexto de uma proposta mais ampla que visa a discussão de temas relacionados à Física Nuclear em geral, e à gênese das bombas atômicas, em particular. As autoras analisaram o discurso dos alunos após a leitura dos textos, na forma de questionário escrito e de discussão em classe. Elas concluem que os alunos apresentaram estratégia diferentes em seus discursos, com alguns se utilizando da repetição de trechos e outros buscando referências em suas experiências anteriores com o tema.

2.2.3 Física de Partículas

Quatro dos trabalhos realizados se focam no conteúdo de Física Nuclear - um de 2011 ((PEREIRA, 2011)), um de 2013 ((KNEUBIL, 2013)), um de 2015 ((PINHEIRO, 2015)) e outro de 2017 ((SEGURA; SALAMANCA; MUNEVAR, 2017)):

Pereira (2011), **LHC: o que é, para que serve e como funciona**. Este artigo está publicado no periódico *A Física na Escola*, uma revista de formação e divulgação de informação sobre a Física e seu ensino. Como resume o título, ele está voltado à explicação do funcionamento e dos objetivos das experiências realizadas no Grande Acelerador de Hádrons do CERN. A autora ressalta que o artigo visa ajudar aos professores de Ensino Médio a explorarem a Física de partículas em sala de aula, mas que as referências de aprofundamento que ela sugere são fortemente recomendadas para um estudo mais adequado.

Kneubil (2013), **Explorando o CERN na Física do ensino Médio**. Aqui, a autora se propõe a demonstrar que os conhecimentos estudados na disciplina de Física como um todo estão presentes nos experimentos mais recentes e divulgados na mídia, tais como aqueles desenvolvidos no CERN. Para isto, elenca uma pequena sequência de conteúdos de Física Clássica e Moderna que podem ser explorados tendo os experimentos do CERN como tema. A autora conclui refletindo sobre os objetivos de desenvolvimento de competências cognitivas materializados nos Planos Curriculares Nacionais e lembrando a necessidade de praticar a *vigilância epistemológica*, que tem como sentido a atenção às visões de conhecimento e ciência promovidas pelo ensino de Física.

Pinheiro (2015), **A câmara de nuvens: uma abordagem integrada entre a Física Clássica e a Física Moderna**. Neste artigo, a autora propõe a

construção do aparato experimental conhecido como “câmara de nuvens”, utilizado para detectar partículas altamente energéticas como os raios cósmicos. Descreve passo a passo a criação do aparato, argumentando que seu custo é razoável mesmo para o orçamento típico de uma escola pública no Brasil. A autora sugere a utilização do aparato como motivação para o estudo de Física Clássica e Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, em conjunto, explorando a interdisciplinaridade natural que existe entre as áreas da Física. A unidade veio sendo aplicada e aprimorada continuamente desde o ano de 2009, com bons resultados.

Segura, Salamanca, Munevar (2017), **Monte Carlo Threshold Energy Estimation for $A + B \Rightarrow C + D$ processes: An Educational Resource in Experimental High Energy Physics Research**. A intenção dos autores do artigo é providenciar uma base pedagógica para programas de Física experimental de altas energias em nível superior e de pós-graduação, desenvolvendo um programa que simula a detecção de um processo de espalhamento $2 \Rightarrow 2$ através do método de Monte Carlo. Para criar o programa, os autores apresentaram o projeto inicial a um grupo de pessoas com experiência em física de partículas experimental, levando-os a criar uma rota de aprendizado para os alunos dos programas alvo. Os autores estruturaram o seu artigo de maneira a materializar-se em um recurso para que pesquisadores iniciantes tenham uma curva de aprendizado menos acentuada ao começar a lidar com problemas de análise de dados de espalhamento reais.

2.3 ANÁLISE DA BIBLIOGRAFIA

Abaixo, realizamos uma breve análise do que foi encontrado na literatura segundo os critérios apresentados. Começamos com um quadro que sumariza os trabalhos selecionados ao lado das categorias em que foram classificados, para fácil visualização. Em primeiro lugar, notamos que o *corpus* selecionado não foi extenso. Na medida em que podemos supor, acreditamos que nossos critérios de seleção foram bastante restritos. Um grande número de trabalhos foram excluídos da seleção por não apresentarem propostas de aplicação do conhecimento desenvolvido no âmbito da educação e outros tantos por não tratarem dos conteúdos específicos que buscávamos, mas de áreas afins. A restrição geográfica e temporal (periódicos brasileiros da presente década) também foi considerável.

Um resultado dessa seleção bastante restrita é que não temos uma quantidade de trabalhos que seja adequada para uma análise estatística do estado da arte da pesquisa em Ensino de física de altas energias segundo todos os nossos critérios. O que realizamos aqui é uma análise pontual dos

trabalhos, em paralelo com uma interpretação heurística dos dados obtidos com o objetivo de providenciar possíveis argumentos com os quais iremos desenvolver nossa própria proposta didática no Capítulo 3. Naturalmente, é plausível realizar uma pesquisa menos restritiva em outra ocasião que permita a realização de uma análise mais quantitativa.

Na Tabela 1, abaixo, relacionamos os trabalhos selecionados e as categorias em que foram colocados. Lembramos aqui que, em muitos casos, os artigos contém propostas que se encaixam em outras abordagens, mas elas não são problematizadas mais extensivamente. Particularmente no caso do nosso foco principal, que é a leitura de textos, alguns artigos além daqueles que tiveram essa classificação de abordagem também incluem a leitura como parte das propostas didáticas.

Dois dos artigos tiveram sua Abordagem categorizada como “Práticas de Leitura”, que será o foco também da nossa proposta didática. No entanto, as propostas dos dois são bastante diferentes entre si. O primeiro deles, escrito em 2011 por Pereira (PEREIRA, 2011) do CEFET/RJ é, em si mesmo, um texto informativo acerca dos experimentos realizados no CERN que, no entanto, colocamos nessa categoria pelo fato de ter sido escrito com uma perspectiva pedagógica em uma revista voltada ao Ensino de Física e a Física na escola, em geral. O segundo texto, de 2017, das autoras Brugliato e Almeida da Universidade de Campinas, por outro lado, está bastante próxima à nossa proposta, trabalhando com os princípios da teoria da Análise do Discurso para embasar o uso de práticas de leitura em Ensino de Física.

Os textos utilizados por Brugliato e Almeida (2017) foram quatro: um trecho do livro em quadrinhos “Trinity - a história em quadrinhos da primeira bomba atômica” (FETTER-VORM, 2013), um trecho do livro paradigmático “Energia Nuclear: com fissões e com fusões” (GALETTI; LIMA, 2008), um trecho do livro de divulgação científica “Os 10 mais belos experimentos científicos” (CREASE, 2006) e, ao final das aulas, um trecho do roteiro teatral “O caso Oppenheimer” (KIPPHARDT, 1966). Além disso, em sua primeira aula, utilizam como atividade a apresentação de um trecho de filme: “Fat man and little boy” (JOFFÉ, 1989), também sobre as primeiras bombas atômicas.

Trabalho	Conteúdo	Abordagem	Público Alvo
Silva, Ostermann e Prado (2011)	Física Médica	Simulação didática	Ensino Técnico
Oliveira, Araújo (2011)	Física Médica	Mapas conceituais	Ensino Técnico
Pereira (2011)	Física de Partículas	Práticas de leitura	Ensino Médio
Silva (2012)	Física Nuclear	Simulação de experimento em ambiente virtual	Ensino Superior
Vasconcelos, Leão (2012)	Física Nuclear	Abordagem investigativa	Ensino Médio
Kneubil (2013)	Física de Partículas	História e epistemologia da ciência	Ensino Médio
Pinheiro (2015)	Física de Partículas	Experimentação	Ensino Médio
Silva (2015)	Física Nuclear	Simulação de experimento em ambiente virtual	Ensino Superior
Cordeiro, Peduzzi (2016)	Física Nuclear	História e epistemologia da ciência	Geral

Trabalho	Conteúdo	Abordagem	Público Alvo
Stumpf, Oliveira (2016)	Física Nuclear	Controvérsias sociocientíficas	Ensino Médio
Boff, Bastos e Melquiades (2017)	Física Nuclear	Experimentação	Geral
Brugliato, Almeida (2017)	Física Nuclear	Práticas de leitura	Ensino Médio
Sá <i>et alii</i> (2017)	Física Médica	Experimentação	Geral
Segura, Salamanca e Munevar (2017)	Física de Partículas	Simulação de experimento em ambiente virtual	Ensino Superior

Tabela 1 – Trabalhos com propostas didáticas nas categorias pesquisadas.
Fonte: Dados da pesquisa.

3 PROPOSTA DIDÁTICA

3.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Esta proposta didática foi desenvolvida tendo em mente uma escola da rede pública do estado de Santa Catarina cujas diretrizes filosófico-pedagógicas situam-se, ao menos de maneira abrangente, no campo das concepções construtivistas do conhecimento. Posteriormente, a proposta foi aplicada nessa escola, com resultados satisfatórios.

Nesse sentido, procuramos realizar uma proposta didática que estivesse em consonância com as aspirações delineadas no projeto político-pedagógico. O foco do trabalho foi o incentivo à leitura e utilização de mídias como forma de aprendizado e experiência cultural, inseridas aqui no contexto da Física, particularmente a Física Nuclear. Acreditamos que as aulas de Ciências Naturais no Ensino Médio têm como seu objetivo primário a familiarização dos alunos com a parte científica da cultura em que estamos imersos, mais do que a instrumentalização para a resolução de problemas específicos da área. Para além da simples busca de respostas a perguntas já formuladas, ou mesmo do aprendizado exclusivo daquilo a que o texto se orienta, a leitura e a escrita oferecem oportunidades singulares no ensino, tanto nas Ciências Naturais como em outras disciplinas, como argumentam Setlik e Higa (SETLIK; HIGA, 2014) que, citando Almeida e Ricon (ALMEIDA; RICON, 1993), dizem que [os textos de divulgação científica] “ajudam a desenvolver o hábito da leitura, além de permitir o encaideamento de assuntos divulgados em jornais, tornando a ciência mais próxima do estudante e gerando a visão da relação da ciência com outras áreas do conhecimento” (p.85). Por motivos como esses, achamos que as práticas de leitura e produção de textos deveriam ter um papel mais relevante nas aulas de Física do que o habitual.

No que se refere à prática de leitura, é de central importância frisar que não estamos tratando aqui simplesmente do que entende, habitualmente, por exercícios de interpretação de texto. Baseando-se nas teorias do campo da Análise do Discurso, podemos ler em Silva (SILVA, 1997) uma crítica abrangente a esse tipo de atividade. Chamamos aqui de “exercícios de interpretação de texto” as atividades de leitura que têm como fim a identificação de palavras, frases, ou mesmo ideias mais complexas que se encontram ou se supõe encontrarem-se no texto, seguida da repetição destas como prova do entendimento. Daí que a crítica de Silva (1997) está relacionada ao sufocamento da interrelação que se estabelece entre leitor e texto por essa *simulação de leitura*. Portanto, a prática de leitura que bus-

camos deve envolver e estimular aquela interrelação, e se faz necessário avaliar até que ponto o aluno leitor se empenhou na tarefa de produção da leitura, isto é, na atribuição de sentido ao texto.

Quanto à busca de respostas pelos alunos nos textos, Setlik e Higa citam Orlandi (ORLANDI, 2009) no texto em que ela explicita três tipos de repetição:

- a. a repetição empírica (mnemônica) que é a do efeito papagaio, só repete; b. a repetição formal (técnica) que é um outro modo de dizer o mesmo; c. a repetição histórica, que é a que desloca, a que permite o movimento porque historiciza o dizer e o sujeito, fazendo fluir o discurso, nos seus percursos, trabalhando o equívoco, a falha, atravessando as evidências do imaginário e fazendo o irrealizado irromper no já estabelecido (Orlandi, 2007, p. 54).

Nesse sentido, buscamos auxiliar os professores e alunos a promover os processos de repetição histórica em sala de aula, exercitando a repetição formal somente como passo intermediário e evitando a repetição empírica sempre que possível.

Nos artigos que analisamos, Pereira (PEREIRA, 2011), escrevendo na margem do seu artigo, pretende que “a Física do século XXI chegue aos alunos de Ensino Médio não só pelos meios de comunicação de massa, mas na forma de conhecimento científico construído em sociedade” (p.35). Brugliato e Almeida (BRUGLIATO; ALMEIDA, 2017) dizem que “com relação à leitura, é importante considerar que os alunos não são todos iguais, eles têm gostos diferentes, histórias de vida diferentes e, conseqüentemente, se interessam por coisas diferentes.” (p.224). Compartilhando desses *insights* iremos sugerir a nossa proposta didática. Mas não desejamos perder de vista, tampouco, a importância do conhecimento físico propriamente dito. Uma das motivações mais importantes da nossa proposta é o trabalho com a ideia de escalas e o efeito das interações em escalas diferentes. Em um famoso trabalho sobre conceitos unificadores, Angotti (ANGOTTI, 1993) argumenta que a escala é um dos conceitos unificadores da Física.

3.2 DESENVOLVIMENTO DA PROPOSTA

A seqüência didática está dividida em quatro blocos idealizados para um tempo de aproximadamente 100 minutos cada, como exposto na Tabela 3.1, abaixo. Procuramos sintetizar os aspectos mais importantes de cada bloco nesse quadro, de forma a tornar a proposta mais clara para fins de adaptação.

Ainda considerando que o conteúdo escolhido – Física Nuclear – é tradicionalmente pouco explorado, a proposta envolve o uso de bastante material disponível na *internet*. No entanto, nos últimos anos os autores de livros didáticos vêm se empenhando na tarefa de incluir tópicos de física Moderna em suas obras, e refletindo isso também fazemos uso de um dos livros didáticos disponíveis na escola, dos autores Gonçalves e Toscano (GONÇALVES FILHO; TOSCANO, 2013). Esse livro dispõe de alguns capítulos sobre Física Moderna, incluindo uma seção específica sobre Física Nuclear, onde encontramos, por exemplo, um diagrama do decaimento do Urânio-235 em seus núclídeos-filhos, até o isótopo estável de Chumbo-207.

Bloco	Objetivos formativos	Objetivos conceituais	Estratégias	Recursos
1	Incentivo ao hábito de leitura e produção de leitura	Introdução à Física Nuclear	Uso de textos jornalísticos e paradidáticos	Textos
2	Desenvolvimento do raciocínio abstrato	Escala de grandeza e interações fundamentais	Apresentação de animação e aula expositiva	Animação, <i>Datashow</i> , quadro
3	Aplicação do conhecimento a problemas	Estrutura nuclear	Uso de aplicativo e interatividade	Aplicativo “ <i>Nuclear</i> ”, <i>iPad</i> , <i>Datashow</i>
4	Produção escrita e avaliação do aprendizado	Retomada dos conhecimentos construídos	Releitura dos textos e produção de resumos	Textos

Tabela 2 – Sequência didática.

Adiante, vamos descrever os quatro blocos em separado:

Bloco 1: O primeiro bloco está destinado à realização de uma problematização em relação a temas relacionados à Física Nuclear, através da leitura de textos jornalísticos, informativos e paradidáticos. Este bloco tem três objetivos: em primeiro lugar, o incentivo à prática de leitura como hábito, algo que é de central importância na formação do estudante; em segundo lugar, a problematização em si, ou seja, a tentativa de incitar nos estudantes a curiosidade sobre os temas disponíveis nos textos de maneira que eles possam realizar uma apropriação efetiva do conhecimento; em terceiro lugar, os conteúdos dos textos servem como um fio condutor que perpassa os quatro blocos da proposta didática, sendo retomados de maneira contínua e abrangente, de maneira a induzir às modalidades de leitura que estejam além da imitação e da repetição, como nos sugere Orlandi (ORLANDI, 1983) e que, portanto, promovam o desenvolvimento cognitivo em níveis maiores de abstração.

Neste bloco, o professor apresenta a proposta aos alunos e distribui textos impressos ou em mídia digital aos alunos. Neste momento inicial, é razoável que o professor separe os alunos em grupos e escolha um texto para cada um dos grupos, a não ser que os alunos já estejam particularmente habituados à leitura, caso em que a distribuição poderia ocorrer de maneira mais livre. Ainda assim, é importante que o professor disponha todos os textos que está distribuindo para a classe como um todo, de maneira que os alunos tenham a possibilidade de ler todos os textos se assim o desejarem. Se isso se configurar impossível durante o período alocado para as aulas, é interessante que os textos fiquem disponíveis para os alunos lerem em casa, ou que se faça uso de mídias digitais que eles possam acessar de maneira independente.

Ao final do bloco, é fundamental que o professor faça ao menos uma breve discussão de todos os textos com a turma inteira, de modo que todos tenham conhecimento ao menos dos temas tratados. É interessante que o professor peça aos alunos para que apresentem aos demais as ideias, conceitos e informações que atribuem aos textos que leram. O professor pode aproveitar a apresentação, em momentos oportunos, para introduzir ideias novas no contexto discutido, por exemplo, fazendo perguntas aos alunos. Como sempre, o professor deve ter em mente que cabe aos alunos a produção de conhecimento a partir de sua relação de leitor e, portanto, cabe evitar provocar a situação de perguntas que ensejam a resposta por meio de repetição das palavras impressas.

Nos Anexos, incluímos cinco textos utilizados por nós na execução desta proposta didática. Esses textos têm conexões com os conteúdos e os recursos que perfazem os blocos seguintes, de modo que eles foram es-

colhidos com cuidado. É possível, no entanto, que o professor substitua um, vários ou todos esses textos por outros que considerar melhores, mais interessantes para os seus alunos, ou mais convenientes, sempre considerando as relações a serem feitas entre os textos no decorrer das atividades. Os textos que escolhemos são os seguintes:

- Texto 1 - Ciclo do Combustível Nuclear (INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL, 2017)
- Texto 2 - A Tensão Superficial (UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ, 2010)
- Texto 3 - Por que a física não gosta de gigantes? (SATO, 2010)
- Texto 4 - O maior projeto de pesquisa sobre a terra se torna mais sério (MEDIAVILLA, 2016)
- Texto 5 - Trinta anos depois do acidente em Goiânia, vítimas do césio ainda sofrem (GUIMARÃES, 2017)

Bloco 2: O objetivo conceitual do segundo bloco é introduzir a ideia de escalas e discutir a sua importância no contexto das interações físicas, e a partir daí auxiliar os alunos a conceberem a ideia das interações fundamentais, suas intensidades relativas e as escalas nas quais elas são fisicamente relevantes (alcance das interações). Uma ideia fundamental que permeia o tema é a de que o comportamento da natureza não é idêntico em todas as escalas, nem fenomenologicamente e nem teoricamente. Os textos 2 e 3 têm íntima relação com os conteúdos explorados neste bloco, e suas ideias podem e devem ser retomadas aqui para auxiliar na construção de conceitos.

Em um primeiro momento, a noção de escalas pode ser apresentada utilizando uma das muitas animações e vídeos disponíveis na *internet* que demonstram as diferenças de escala entre os seres humanos, os objetos microscópicos, os objetos astronômicos, e tantos outros nesse meio. Nós sugerimos a utilização da animação *Scale of the Universe* (??), que é relativamente simples e completa e possui versão em português, mas há grande liberdade nesse sentido. É interessante que os alunos possam interagir com a animação, mas ao mesmo tempo, é razoável tomar um tempo para que o professor explique os diversos objetos que aparecem, as suas relações de tamanho, os números e unidades de medida que nos permitem imaginar tais distâncias.

Em seguida, está programada uma aula expositiva dialogada, com espaço para ideias e questões dos alunos no momento da aula, em que o professor irá relembrar os temas dos textos 2 e 3 para discutir as interações

fundamentais. Para isto, recomendamos que o professor sugira aos alunos que imaginem certas situações-modelo, por exemplo: uma gota de água da chuva caindo, um mosquito pousado sobre a superfície da água, um elefante tentando escalar uma rocha, um ímã muito pesado repelindo um outro bem mais leve, um amontoado de cargas elétricas positivas. Caso os alunos não tenham familiaridade com certos conceitos como, por exemplo, o de carga elétrica, o professor pode explicá-los brevemente, focando nas propriedades de atração e de repulsão.

A partir de perguntas como “Por que uma formiga consegue escalar uma parede, enquanto que um ser humano tem grande dificuldade de fazer o mesmo?”, e utilizando os textos-base, o professor irá incentivar os alunos a pensarem nos fenômenos do mundo físico humano, na nossa escala de alguns metros, como uma combinação das interações gravitacional e eletromagnética. Os temas explorados nos textos - tensão superficial e diferenças de escala - dão subsídios para construir essa visão. Crucial nessa discussão é a natureza eletromagnética fundamental das forças de contato, que o professor pode discutir mais ou menos a fundo com os alunos.

Após a discussão das escalas próximas, o professor estenderá o raciocínio para as escalas atômicas e astronômicas. As perguntas-chaves aqui são diferentes: “Como um núcleo atômico não se autodestrói, se ele contém muitas cargas positivas?”, e “Por que quando falamos de astros, falamos de força gravitacional?”, por exemplo. A intenção é explorar as intensidades das interações fundamentais e suas regiões de influência, e introduzir o conceito de forças nucleares.

Como explicitado no quadro-resumo, 2, este bloco envolve um exercício considerável de abstração. O professor deve estar preparado para identificar e auxiliar os alunos a enfrentar obstáculos conceituais ou até cognitivos que dificultem a apropriação dessas abstrações.

Bloco 3: A ideia central do terceiro bloco é a simulação de um núcleo atômico. Na nossa proposta original, utilizamos um jogo chamado “Nuclear”, desenvolvido pela empresa *Escape Velocity Limited*. No entanto, novamente aqui, outros recursos podem ser utilizados para o mesmo fim. O objetivo conceitual deste bloco é propor aos alunos que a estabilidade dos núcleos atômicos - e, portanto, dos átomos - depende, basicamente de uma combinação entre forças nucleares e eletromagnéticas. Aqui, utilizamos os textos 2 e 3 e as discussões do Bloco 2 para termos de comparação: se em escalas mais usuais temos a “competição” entre as forças eletromagnética e gravitacional - duas interações fundamentais - nos núcleos atômicos ela ocorre entre as forças nucleares e a força eletromagnética.

Por outro lado, neste bloco trazemos à tona os temas dos textos 1, 4 e 5, pois a estabilidade e a energia dos núcleos pode explicar os fenô-

menos que aparecem nesses textos - a radioatividade, a fissão e a fusão nuclear. Posteriormente, é possível a continuação das aulas, se desejado, para explorar esses assuntos com maior profundidade. À medida que permitimos aos alunos utilizar o *software* e explicamos seu funcionamento, existe a oportunidade para a criação de perguntas que farão conexões com os temas dos textos. Os caminhos que podem ser tomados são vários. No nosso caso, utilizamos o livro didático para exemplificar o decaimento do Urânio-235 e compará-lo com o modelo do jogo. O aplicativo não possui um modelo preciso dos decaimentos, de maneira que é interessante discutir as limitações conceituais, textuais, imagéticas, etc. de diferentes plataformas. O jogo é um *jogo*, não um modelo físico preciso, e mesmo os modelos físicos mais precisos não são a realidade. Mas nós podemos aproximar nossas descrições, como foi realizado na década de 1930 com o modelo da gota líquida e a fórmula semi-empírica de massa (fórmula de Weizsäcker) que, curiosamente, parte de uma analogia matemática com a tensão superficial de uma gota de um líquido.

Aqui é preciso dizer que não é necessário para que se discutam esses temas que os estudantes tenham a capacidade de instrumentalizar as operações para o cálculo de forças entre partículas, superfícies e volumes, ou mesmo que formem uma imagem completa para si mesmos das relações entre massas, cargas e outras propriedades físicas nas várias escalas. Esses não são os objetivos dessa proposta didática, porque entendemos que a missão da educação secundária não é de formar cientistas, mas de auxiliar os alunos na apropriação do arcabouço cultural científico contemporâneo.

Para completar, sugerimos também a utilização de recursos produzidos no projeto PhET Simulações Interativas, da universidade do Colorado - Boulder (UNIVERSITY OF COLORADO, 2017). Embora não tenhamos utilizado as simulações do projeto em nossa prática piloto, algumas das atividades disponíveis são bastante fáceis de integrar à nossa proposta, particularmente se o professor desejar expandir o tratamento de algum dos conteúdos discutidos. Nesse sentido, destacamos as simulações que tratam de fissão nuclear, decaimento alfa e decaimento beta. Tal aprofundamento seria melhor aproveitado aumentando-se o tempo dedicado à proposta, seja com aulas maiores, atividades extraclasse ou aulas adicionais.

Bloco 4:

O último bloco da nossa proposta didática envolve a retomada dos textos lidos e discutidos nos blocos anteriores, com novas leituras dos mesmos, e a produção de textos por parte dos alunos. Os objetivos dessas atividades são a finalização do processo de construção de significado e a avaliação dos sucessos e insucessos da aplicação da proposta como um todo, e com cada aluno em particular.

Para realizarem-se os objetivos, o professor pode proceder da seguinte maneira: em primeiro lugar, redistribuindo os textos aos alunos, pedindo que façam uma leitura cuidadosa e crítica, e tomem notas com o intuito de produzir resumos comentados. Depois de um tempo adequado, tendo os alunos finalizado a leitura e tomado algumas notas, pode orientá-los a produzir os resumos. É importante frisar a importância da retomada dos conhecimentos pelos alunos: aqueles que porventura já possuíssem antes das aulas e, particularmente, aqueles que adquiriram ou refinaram durante a aplicação da proposta. Como já foi comentado a partir dos trabalhos de Orlandi e de Silva (ORLANDI, 2009; SILVA, 1997), é comum que atividades envolvendo o texto sejam realizadas pelos alunos como exercícios de repetição.

Na atividade de produção de textos, pudemos observar em nossa aplicação da proposta que a heurística da repetição ocorre, sobretudo, na forma de uma interpretação equivocada do exercício, ou mesmo do conceito de “resumo”. Ocorre que muitos alunos, por falta de hábito com a leitura e a escrita, dificuldade com o tema, falta de motivação ou outros motivos, removem trechos dos textos que consideram menos relevantes para a compreensão do todo e copiam os restantes, com o intuito de tornar o texto mais curto. Essa poderia ser considerada uma forma rudimentar de resumo, no sentido de que pode existir um esforço do aluno para caracterizar as ideias que considerou mais importantes em sua atividade de leitura. Mas fica claro que esse procedimento é bastante limitado e que aproveita muito pouco do que a atividade de leitura e produção de texto pode oferecer, particularmente na busca da apropriação do conhecimento e da produção de sentido por parte do aluno, mas até mesmo na simples instrumentalização da leitura e da escrita como habilidades técnicas consideradas necessárias para o educando.

A maneira exata como o professor irá desenvolver este último bloco depende muito das escolhas tomadas nos blocos anteriores. Para que exista uma continuidade na proposta, é fundamental que as atividades e a avaliação destas sejam compatíveis com o que foi realizado em matéria de metodologia, recursos utilizados, escolhas feitas pelo professor e recepção da proposta pelos alunos. Por exemplo, se todos os alunos leram todos os textos disponibilizados em mídia digital, seria cabível e interessante sugerir a publicação dos textos dos alunos em um *blog*, desde que isto seja viável. Outra possibilidade seria a confecção de cartazes com os textos ou a publicação em um jornal da escola, se houver. Caso a proposta tenha sido aplicada em várias turmas, essas atividades poderiam proporcionar uma extensão das discussões para um ambiente maior.

3.3 DISCUSSÃO

Em nossa revisão da literatura, embora não tenhamos uma amostra grande de trabalhos publicados na área, notamos que as práticas de leitura e escrita estão presentes na pesquisa sobre Ensino de Física. No entanto, apenas o trabalho de Brugliato e Almeida (BRUGLIATO; ALMEIDA, 2017) utilizava essas práticas de maneira organizada, partindo de um referencial teórico específico. Ainda assim, a leitura também figurava em várias outras propostas como, por exemplo, no trabalho de Stumpf e Oliveira (STUMPF; OLIVEIRA, 2016) envolvendo a estratégia do júri simulado, naquele realizado por Vasconcelos e Leão (VASCONCELOS; LEÃO, 1993) e no de Silva, Ostermann e Prado (SILVA NETO; OSTERMANN; PRADO, 2011), ambos utilizando plataformas virtuais que incluíam o texto como um aspecto importante do aprendizado. Além disso, temos o artigo de Pereira sobre o LHC (PEREIRA, 2011), que sugere a sua própria utilização no contexto de uma prática de leitura.

Dadas as semelhanças teóricas e metodológicas, é mais apropriado realizar uma comparação da nossa proposta com aquela de Brugliato e Almeida. Nossa fundamentação teórica é essencialmente a mesma, partindo dos trabalhos dos teóricos da Análise do Discurso, predominantemente da Universidade de Campinas (Unicamp) para justificar o uso da leitura de maneira organicamente integrada ao conteúdo. O artigo em si difere do nosso no sentido de que ele realiza a análise de uma sequência de três aulas que fazem parte de uma proposta mais abrangente que vem sendo realizada pelas autoras. Dessa maneira, as autoras parecem mais interessadas em revelar e discutir os resultados obtidos com os alunos, enquanto que nós preferimos nos aprofundar mais na descrição da proposta de maneira a facilitar sua aplicação por professores-pesquisadores que sejam nossos leitores. Ainda assim, naturalmente, podemos notar paralelos metodológicos entre as propostas didáticas em si. Por exemplo, temos ali a utilização de vários gêneros textuais, assim como outras mídias, que apontam para o mesmo tema. Os objetivos gerais também parecem ser similares, com a busca da apropriação dos textos pelos alunos, como o professor atuando como mediador do processo. Embora esses objetivos não estejam colocados explicitamente, eles podem, até certo ponto, ser extrapolados da justificativa teórica e das metodologias utilizadas.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os nossos objetivos com este trabalho foram: a realização de uma revisão da literatura de Ensino de Física, especificamente das propostas didáticas recentes voltadas à Física Nuclear e áreas afins no Brasil; e a produção e descrição de uma proposta didática própria que pudesse ser utilizada por professores e professores-pesquisadores no contexto da escola brasileira.

Nossa proposta, como dissemos anteriormente, já foi aplicada em uma forma inicial em uma escola de Ensino Médio, e acreditamos que ela tem potencial para atingir os objetivos a que se destina. Isso foi realizado no âmbito de uma disciplina de estágio obrigatório (Estágio Supervisionado em Ensino de Física D) do curso de Licenciatura em Física da UFSC. Nessa prática, foi possível sentir algumas das dificuldades, e também os pontos positivos, da proposta didática aplicada no ambiente escolar. Destacamos que o engajamento dos alunos foi relevante, mas pequeno em relação à totalidade da sala, e houve resistência perceptível em relação à leitura e, principalmente, à produção de textos. É possível que, em uma atividade de longo prazo, fora de um contexto de estágio, em que os alunos tenham aulas com o professor da disciplina, a construção de um acordo que permita o aproveitamento mais completo da leitura seja mais eficaz.

Quanto à utilidade do trabalho em si, esperamos que possa oferecer auxílio a todos que tiverem interesse na área de Ensino de Física, particularmente nos trabalhos que vêm sendo realizados com temas relacionados à Física Nuclear, assim como aos professores. Apesar de vários trabalhos serem desenvolvidos na área, ainda é bastante difícil encontrar propostas voltadas ao Ensino Médio que tratem da Física Nuclear além do fenômeno da radioatividade, e que procurem tratar do tema explorando, ainda que superficialmente, as interfaces com a Física Atômica e Molecular e também com a Física de Partículas, o que, em nossa opinião, é fundamental para oferecer aos alunos uma visão um pouco mais abrangente das diferenças entre a Física Clássica e a Física Quântica, evitando caracterizar a última como uma espécie de conhecimento “insondável”.

Esta introdução da Física Quântica nas aulas de Física do Ensino Médio é um objetivo de longo prazo que temos, mas que necessita de um maior número de pesquisas mais extensas e aprofundadas para poder atingir nossas expectativas. O presente trabalho de insere nesse contexto tanto na exploração de um tema particular e importante, como na utilização de metodologias que pensamos ser adequadas para o trabalho maior de estimular o aprendizado da Física Quântica no Ensino Médio, sem a introdu-

ção das suas formulações matemáticas, mas de maneira que o aluno possa entender que essas formulações existem, explicam fatos da realidade, e que o seu estudo teve e tem consequências no cotidiano. A escolha desse ângulo vem do nosso entendimento de que a escola não tem como função a formação de cientistas, mas que deve oferecer aos alunos todas as bases para construir um conhecimento correto, preciso e bem embasado sobre a natureza das teorias científicas.

Além disso, ressaltamos que este trabalho foi realizado como requisito para a conclusão do curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de Santa Catarina, por parte do autor e aluno do curso Bruno Pavan Bertolino. Esperamos que o trabalho seja de interesse acadêmico aos pesquisadores da nossa universidade, assim como de outras.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, M. J. P. M.; RICON, A. E. Divulgação científica e texto literário - uma perspectiva cultural em aulas de física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 1, p. 713, 1993.

ANGOTTI, J. A. P. Conceitos unificadores e ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 15, p. 191–198, 1993.

BOFF, C. A.; BASTOS, R. O.; MELQUIADES, F. L. Práticas experimentais no ensino de física nuclear utilizando material de baixo custo. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 34, n. 1, p. 236–247, abr. 2017.

BRUGLIATO, E. T.; ALMEIDA, M. J. P. M. Leitura e mediação em aulas de física do ensino médio: um estudo sobre o experimento de Rutherford. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 12, n. 5, p. 223–241, 2017.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. Valores, métodos e evidências: Objetividade e racionalidade na descoberta da fissão nuclear. **Alexandria Revista de Educação em Ciência e Tecnologia**, v. 9, n. 1, p. 235–262, mai. 2016.

CREASE, R. P. **Os dez mais belos experimentos científicos**. Rio de Janeiro: Editora Jorge Zahar, 2006. 200 p.

FETTER-VORM, J. **Trinity - a história em quadrinhos da primeira bomba atômica**. São Paulo: Editora Três Estrelas, 2013. 160 p.

GALETTI, D.; LIMA, C. L. Energia nuclear - com fissões e com fusões. In: **Coleção Paradidáticos**. São Paulo: Editora Unesp, 2008. p. 120.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. **Física: Interação e Tecnologia**. 1. ed. São Paulo: Editora LeYa, 2013. 216 p.

GUIMARÃES, C. Trinta anos depois do acidente em Goiânia, vítimas do cézio ainda sofrem. **Folha de São Paulo**, 2017. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/ciencia/2017/09>>. Acesso em: 20 de outubro de 2017.

INDÚSTRIAS NUCLEARES DO BRASIL. **Ciclo do combustível nuclear**. [S.l.], 2017. Disponível em: <<http://www.inb.gov.br/pt-br/Nossas-Atividades/Ciclo-do-combustivel-nuclear>>. Acesso em: 20 de outubro de 2017.

JOFFÉ, R. **Fat Man and Little Boy**. [S.l.]: Hollywood (US): Paramount Pictures, 1 DVD, 1989.

KIPPHARDT, H. O caso Oppenheimer. In: **Coleção Teatro Universal**. São Paulo: Editora Brasiliense, 1966. v. 17, p. 156.

KNEUBIL, F. B. Explorando o CERN na física do ensino médio. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, v. 35, n. 2, p. 2401, 2013.

MEDIAVILLA, D. O maior projeto de pesquisa sobre a Terra se torna mais sério. **El País**, 2016. Disponível em: <<https://brasil.elpais.com/brasil/2016/10/20/ciencia>>. Acesso em: 20 de outubro de 2017.

OLIVEIRA, L. N.; ARAÚJO, M. S. T. Utilização de recursos de aprendizagem na abordagem do tema física das radiações no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Tocantins. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 6, n. 2, p. 107–123, 2011.

ORLANDI, E. P. A escola e suas mediações - como se usa o material didático. **Educação e Sociedade**, v. 16, p. 138–145, 1983.

ORLANDI, E. P. **Análise de discurso: Princípios e procedimentos**. 8. ed. São Paulo: Editora Pontes, 2009. 100 p.

PEREIRA, M. M. LHC: o que é, para que serve e como funciona. **Física na Escola**, v. 12, n. 1, p. 37–41, 2011.

PINHEIRO, L. A. A câmara de nuvens: uma abordagem integrada entre a física clássica e a física moderna. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 32, n. 2, p. 517–528, ago. 2015.

ROSA, P. R. da S. **Uma introdução à pesquisa qualitativa em ensino**. Campo Grande: Editora UFMS, 1993. 167 p.

SÁ, J. R. et al. Interação da física das radiações com o cotidiano: uma prática multidisciplinar para o ensino de física. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, v. 39, n. 1, p. e1503, 2017.

SATO, E. A. **Por que a Física não gosta de gigantes?** [S.l.], 2010. Disponível em: <<http://www.blogs.ea2.unicamp.br/tortaprimordial/blogring>>. Acesso em: 20 de outubro de 2017.

SEGURA, M. A.; SALAMANCA, J.; MUNEVAR, E. Monte carlo threshold energy estimation for $a + b \rightarrow c + d$ processes: An educational resource in experimental high energy physics research. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, v. 39, n. 1, p. e1504, 2017.

SETLIK, J.; HIGA, I. Leitura e produção escrita no ensino de física como meio de produção de conhecimentos. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 9, n. 3, p. 83–95, 2014.

SILVA, H. C. da. **Como, quando e o que se lê em aulas de Física do ensino médio: elementos para uma proposta de mudança**. 164 p. Dissertação (Mestrado) — Universidade Estadual de Campinas (Unicamp), Campinas, 1997.

SILVA, N. C. da. Laboratório virtual de física moderna: atenuação da radiação pela matéria. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 29, n. 3, p. 1206–1231, dez. 2012.

SILVA, N. C. da. Laboratório virtual de física moderna: sistema para espectrometria gama. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 32, n. 2, p. 542–562, ago. 2015.

SILVA NETO, J. da; OSTERMANN, E; PRADO, S. D. O tema da dualidade onda-partícula na educação profissional em radiologia médica a partir da simulação do interferômetro de Mach-Zehnder. **Rev. Bras. Ens. Fís.**, v. 33, n. 1, p. 1401, 2011.

STUMPF, A.; OLIVEIRA, L. D. Júri simulado: o uso da argumentação na discussão de questões sociocientíficas envolvendo radioatividade. **Cad. Bras. Ens. Fís.**, v. 11, n. 2, p. 176–189, 2016.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. A tensão superficial. 2010. Disponível em: <<http://www.seara.ufc.br>>. Acesso em: 20 de outubro de 2017.

UNIVERSITY OF COLORADO. **PhET Interactive Simulations - Physics, PhET: Interactive simulations**. [S.l.], 2017. Disponível em: <<https://phet.colorado.edu>>. Acesso em: 16 de dezembro de 2017.

VASCONCELOS, F. C. G. C.; LEÃO, M. B. C. Utilização de recursos audiovisuais em uma estratégia FlexQuest sobre radioatividade. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 17, n. 1, p. 713, 1993.