



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

SAMANTHA DE LEMOS SOUZA

**CONTRIBUIÇÕES DE UM TEXTO TEATRAL HISTÓRICO PARA
O ESTUDO DA FÍSICA NUCLEAR NO ENSINO MÉDIO**

**LAVRAS – MG
2019**

SAMANTHA DE LEMOS SOUZA

**CONTRIBUIÇÕES DE UM TEXTO TEATRAL HISTÓRICO PARA O ESTUDO DA
FÍSICA NUCLEAR NO ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física, para obtenção do título de mestre.

Dr. Alexandre Bagdonas Henrique
Orientador

Dr. Antônio Marcelo Martins Maciel
Coorientador

**LAVRAS – MG
2019**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA,
com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Souza, Samantha de Lemos.

Contribuições de um texto teatral histórico para o estudo de física nuclear no ensino médio / Samantha de Lemos Souza. - 2019.

114 p.

Orientador(a): Alexandre Bagdonas Henrique.

Coorientador(a): Antônio Marcelos Martins Maciel.

Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Ensino de Física. 2. História da Física. 3. Física Nuclear. 4. Energia Nuclear. 5. Teatro I. Henrique, Alexandre Bagdonas. II. Maciel, Antônio Marcelos Martins. III. Título

SAMANTHA DE LEMOS SOUZA

**CONTRIBUIÇÕES DE UM TEXTO TEATRAL HISTÓRICO PARA O ESTUDO DA
FÍSICA NUCLEAR NO ENSINO MÉDIO**

**CONTRIBUTIONS OF A THEATRICAL HISTORICAL TEXT TO THE STUDY OF
NUCLEAR PHYSICS IN HIGH SCHOOL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Mestrado Profissional em Ensino de Física, para obtenção do título de mestre.

APROVADA em 17 de Junho de 2019
Dr. Fabio Marineli - UFLA
Dr. Wilson Elmer Nascimento - UFLA
Dr. Guilherme da Silva Lima - UFOP

Dr. Alexandre Bagdonas Henrique
Orientador

Dr. Antônio Marcelo Martins Maciel
Coorientador

**LAVRAS – MG
2019**

DEDICATÓRIA

**À Deus.
À minha Família.**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por iluminar meu caminho e me ajudar a superar as dificuldades.

À Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade.

Ao meu orientador, prof. Dr. Alexandre Bagdonas Henrique, e ao meu coorientador, prof. Dr. Antônio Marcelo Martins Maciel, por todo tempo de dedicação, apoio e confiança que tiveram comigo.

A todos os professores que participaram da minha formação ao longo da vida, pelo conhecimento proporcionado não apenas racional, mas também pela manifestação do caráter.

À minha família, por todo amor, paciência, inspiração, apoio e compreensão em especial da minha mãe Fabiane (tenho muito orgulho de ser sua xerox), dos meus avós Alcides e Serineia, das minhas tias Alcinéia e Priscila, dos meus tios Eduardo e Fabiano, dos meus primos Jean, Maria Eduarda, Matheus e Luan.

Aos meus amigos da graduação pelas horas incontáveis trabalhando em ideias mirabolantes e estudando, uma amizade e apoio que se manteve mesmo depois de formados.

Aos amigos do mestrado que apesar do pouco tempo e muito cansaço conseguiram me apoiar e colaboraram imensamente para o desenvolvimento deste trabalho.

A todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

RESUMO

A necessidade de atualizar o currículo de Física na educação básica, a partir da inserção de temas de Física Moderna e Contemporânea, tem sido defendida por professores e pesquisadores há quase meio século, uma vez que estes conhecimentos estão cada vez mais presentes na realidade de todos, fazendo-se necessários para possibilitar aos alunos uma compreensão do mundo que os cerca. Apesar disso, poucas mudanças foram realmente efetivadas nos currículos. O presente trabalho apresenta uma proposta didática sobre Física Nuclear na educação básica, mais precisamente no primeiro ano do ensino médio. Utilizamos um texto teatral para empregamos uma abordagem histórica ao desenvolver uma sequência didática, na intenção de favorecer a construção do conhecimento acadêmico, contribuindo ainda para a formação acadêmica e social dos estudantes, numa perspectiva reflexiva. Com o intuito de utilizarmos a história da ciência de uma forma diferente, mais dinâmica e interessante para o aluno, favorecendo o processo de ensino aprendizagem, o texto teatral “Encontro com o Passado” foi utilizado durante as aulas dessa sequência contribuindo efetivamente para a leitura reflexiva e com a mobilização para apropriação dos conceitos desenvolvidos. Utilizamos como base para a elaboração e desenvolvimento das atividades os estudos de Vygostsky sobre sentidos e significados. A intenção ao trabalhar os sentidos e significados nos conceitos de Física Nuclear, foi não somente para auxiliar na aprendizagem dos conceitos mas também no desenvolvimento de opiniões. Observamos que inicialmente toda a informação sobre o tema por parte dos estudantes foi obtida através da mídia, sendo essa contraditória em determinados momentos, em alguns casos errônea e incompleta. Ao estudarmos esses conceitos mostrando todos os aspectos possíveis da utilização da Física Nuclear para que esses desenvolvessem os seus sentidos e significados e com isso concluíssem por si mesmos, se os aspectos eram positivos e/ou negativos e se a utilização da mesma valia os riscos. Ao final do trabalho, foi possível observar uma maior compreensão quanto aos conceitos da Física Nuclear, uma mudança no comportamento dos estudantes que se tornaram mais participativos e questionadores no decorrer das aulas e ainda uma certa indignação por parte dos alunos quanto a distorção das informações e até mesmo erro das informações as quais tiveram acesso, evidenciando assim mudanças ocorridas dos significados que possuíam a respeito da Física Nuclear. Diante dos resultados encontrados, acreditamos que mais esforços devem ser feitos na tentativa de levar para a sala de aula os temas de Física Nuclear, tanto por sua importância social e diversas aplicações, quanto por ser um tema que favorece estudos articulando história e filosofia da ciência como forma de evidenciar relações entre ciência, tecnologia e sociedade.

Palavras-Chave: Ensino de Física, História da Física, Física Nuclear, Energia Nuclear, Teatro

ABSTRACT

The need to update the physics curriculum in basic education, by inserting themes of Modern and Contemporary Physics, has been defended by teachers and researchers for almost half a century, since this knowledge is increasingly present in everyone's reality, and are necessary to enable students to understand the world around them. Nevertheless, few changes have actually been made to the curricula. This paper presents a proposal about nuclear physics in basic education, more precisely in the first year of high school. We used a theatrical text to employ a historical approach to develop a didactic sequence, with the intention of favoring the construction of academic knowledge, also contributing to the academic and social formation of students, in a reflexive perspective. In order to use the history of science in a different, more dynamic and interesting way for the student, favoring the teaching-learning process, the theatrical text "Encontro com o Passado" was used during the lessons of this sequence, effectively contributing to the reflective reading and mobilization for the appropriation of the developed concepts. We used as a basis for the elaboration and development of the activities Vygostsky's studies on senses and meanings. The intention in working the senses and meanings in the concepts of Nuclear Physics, was not only to assist in the learning of concepts but also in the development of opinions. We observed that initially all information on the subject by the students was obtained through the media, which is contradictory at certain times, in some cases erroneous and incomplete. By studying these concepts showing all possible aspects of using Nuclear Physics so that they could develop their senses and meanings and thus conclude for themselves whether the aspects were positive and / or negative and whether their use was worth the risks. At the end of the work, it was possible to observe a greater understanding of the concepts of nuclear physics, a change in the behavior of students who became more participative and questioning during the classes and a certain indignation on the part of students regarding the distortion of information and even error in the information they had access to, thus evidencing changes in the meanings they had about nuclear physics. Given the results found, we believe that more efforts should be made in an attempt to bring to the classroom the themes of nuclear physics, both for the importance in society due to the various applications it has, as well as for being a theme which allows studies of history and philosophy of science as a way to highlighting the relationships between science, technology and society.

Keywords: Physics Teaching, History of Physics, Nuclear Physics, Nuclear Energy, Theater,

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	12
2	ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO.....	15
2.1	Introdução.....	15
2.2	Realidade nas salas de aula.....	15
2.3	Uma necessidade diante do atual quadro da educação.....	18
2.4	Física Moderna e Contemporânea no ensino médio.....	19
3	FÍSICA NUCLEAR NA EDUCAÇÃO BÁSICA.....	23
3.1	Conteúdos de Física Nuclear nos livros didáticos.....	23
3.2	Física Nuclear nas salas de aula.....	28
4	TEORIA HISTÓRICO INTERACIONISTA.....	32
4.1	Introdução.....	32
4.2	Sentidos e significados.....	32
4.3	Proposta alternativa para as aulas de Física.....	34
5	HISTÓRIA E FILOSOFIA DAS CIÊNCIAS NO ENSINO.....	36
5.1	Introdução.....	36
5.2	Contribuições da HFC na educação básica.....	37
5.3	A presença da HFC nas salas de aula.....	39
6	A CONSTRUÇÃO DA PEÇA TEATRAL.....	42
6.1	Introdução.....	42
6.2	A peça Copenhagen.....	42
6.3	Processo de construção do texto teatral para a sequência didática.....	43
6.4	Texto teatral Encontro com o passado.....	46
7	METODOLOGIA.....	57
7.1	Organização e elaboração da sequência didática.....	57
7.2	Metodologia de pesquisa.....	62
7.2.1	Ambiente e sujeito da pesquisa.....	62
7.2.2	Descrição dos instrumentos de coleta de dados e procedimentos de análise.....	63
7.3	Desenvolvimento da sequência didática.....	63
8	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	65
8.1	Aula 1 – introdução.....	65
8.2	Aula 2 – radiação e radioatividade.....	70
8.3	Aula 3 – Fissão Nuclear.....	73
8.4	Aula 4 – Energia Nuclear.....	76
8.5	Aula 5 – atividades argumentativas.....	78
8.5.1	Atividade I - debate.....	78
8.5.2	Atividade II-análise de reportagens.....	80
8.6	Aula 6 - Encenação.....	83

8.7	Comentários da professora/ pesquisadora.....	84
9	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	87
10	REFERÊNCIAS.....	89
	APÊNDICES.....	94
	APÊNDICE I - SEQUÊNCIA DIDÁTICA.....	94
	APÊNDICE II - SEQUÊNCIA DIDÁTICA ATIVIDADES.....	102
	ANEXO I – REPORTAGENS.....	111

1 INTRODUÇÃO

Enquanto graduanda em Física, pude observar diferentes alunos nas escolas de educação básica, de diferentes faixas etárias, durante as atividades de estágio e enquanto participava de projetos como o PIBID. É entristecedor observar que, em sua maioria, eles veem a aula Física como uma continuação da aula de matemática. Até professores de outras disciplinas, às vezes, compartilham desta mesma opinião. Isso acontece, provavelmente, porque em muitas escolas as aulas de Física são focadas unicamente na resolução de exercícios..

Observei inúmeras vezes, que quando um exercício trabalhado em sala de aula caía em uma das avaliações externas, tais como: vestibulares seriados, ENEM, Olimpíadas de Física das Escolas Públicas, SAERJ no estado do Rio de Janeiro, dentre outras realizadas pelos alunos, os professores reafirmavam o quanto determinadas equações precisavam ser decoradas. Mas eu, como futura professora, me perguntava: o que adianta saber a equação para resolver o exercício, se os estudantes não compreenderem a teoria por trás dela? Será que se mudasse o enunciado, e não apenas valores, os alunos conseguiriam, ainda assim, resolver o exercício? Ou, a principal pergunta que me fazia: será que no futuro a equação decorada seria mais importante do que uma compreensão conceitual para aquele estudante? Antes mesmo de me formar, consegui responder estas questões: a maioria dos alunos conseguiria viver suas vidas normalmente, sem conhecer o teorema trabalho e energia, ou mesmo sem saber como calcular uma resistência elétrica.

Não estou me desfazendo de nenhuma das equações que, para mim, foram importantes e serviram de base à formação que escolhi. Contudo, acredito que é de extrema importância, ao se ensinar Física no ensino médio (EM), levar em consideração que ensinar equações de Física não é o foco principal da Física no ensino médio, mas sim proporcionar um aprendizado que auxilie na compreensão da Física e identificar sua presença no mundo que nos cerca. É necessário que o ensino ofertado nas escolas não esteja direcionado somente para o treinamento para vestibulares ou para uma formação profissional. Ao invés disso, defendo que o Ensino Médio deveria garantir uma formação mais ampla, incluindo uma formação cultural e generalista, contribuindo, de fato, na escolha de seu futuro profissional. É importante que professores contextualizem o assunto ensinado em cada aula, proporcionando assim um ensino mais completo. Em outras palavras, proporcionando um aprendizado que faça sentido para o aluno fora da vida acadêmica.

No ano de 2017, ao me tornar professora da rede estadual de ensino, deparei-me com situações que iam além do que pude observar durante a graduação. Não somente em relação às dificuldades apresentadas pelos alunos, quanto a compreensão dos conceitos físicos, mas também na matemática básica, leitura e interpretação. Nas aulas iniciais do primeiro ano do ensino médio,

expliquei aos meus alunos o que é a Física e como essa ciência vem se desenvolvendo ao longo dos anos. Depois, pedi a estes que fizessem uma pesquisa sobre diferentes áreas de atuação da Física, na intenção de que eles compreendessem que esta faz parte da realidade deles fora das salas de aula. Então, uma das áreas pesquisadas foi a Física Nuclear e, graças a essa pesquisa, tive interesse de trabalhar com esse conteúdo. Durante a apresentação dos trabalhos, o grupo responsável por pesquisar este tema, me chamou a atenção pela seguinte frase: *“a Física Nuclear é uma área da Física que trabalha com bomba e acaba matando pessoas”*. Obviamente a apresentação continuou após esta frase, mas senti que era isso que resumia o que era a Física nuclear para eles. Por isso após a apresentação, além de fazer as considerações que julguei necessárias, conclui que que era necessário ir além.

A sociedade atual colhe os frutos dos trabalhos provenientes da Física Nuclear no seu cotidiano, tais como em diagnósticos e tratamento de doenças, produção de armamentos e geração de energia elétrica. Além disso, esse assunto está muito presente em filmes e séries, antigos e atuais. Com isso, já faz alguns anos que este assunto ganhou o domínio público e passou a ser parte do cotidiano da população. Entretanto, devido a informações um tanto quanto deturpadas sobre o assunto, muitas pessoas têm desenvolvido uma aversão à Física Nuclear e medo de suas aplicações. Isso fica evidenciado não somente nas salas de aulas, com as opiniões trazidas de casa pelos estudantes, nos movimentos contra a utilização de Física Nuclear em textos e reportagens, na maioria das vezes parciais, mostrando a Física Nuclear sempre como vilã.

Muito se tem discutido sobre a inserção de temas de Física Moderna e Contemporânea na última parte da educação básica é quase nula. Conforme destacamos na seção 2.4 dessa dissertação, as pesquisas que apontam a necessidade de inserção destes temas e a reformulação dos currículos, desde meados da década de oitenta. Atualmente verificamos a presença de orientações em documentos oficiais a respeito da inserção de temas de FMC, como nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN), mais recentemente temos a exigência de que livros didáticos de Física para o Ensino Médio devem contemplar os temas de FMC. Entretanto, verifica-se que o ensino de Física vem se mantendo alicerçado, quase que exclusivamente, na Física Clássica (FC).

Pode-se verificar diversos motivos que vêm sendo apontados para justificar, ou explicar, porque esses assuntos raramente são trabalhados na sala de aula. Porém, nossa pesquisa não se propõe a fazer tais discussões. Mas, reconhecemos que a FMC está presente no cotidiano dos alunos e, por isso, como professores e pesquisadores precisamos nos empenhar para que nossos alunos tenham acesso às informações sobre os temas, com fundamentações suficientes para que estes possam posicionar-se sobre o assunto.

É importante ainda levar em consideração ao se ensinar Física no ensino médio (EM) que dentre os alunos poucos são os que seguirão carreira profissional nessa área do conhecimento. Por

esse motivo, reduzir o ensino da mesma a apresentação de formalismos e problemas padrões, com a justificativa que poderão ser utilizados no futuro, não faz sentido. Por isso é necessário contextualizar o assunto, proporcionando assim um ensino mais completo e dinâmico.

O presente trabalho apresenta uma proposta para a inserção e abordagem dos conteúdos de FMC no EM, mais especificamente a Física Nuclear, usando a História dos projetos nucleares dos Estados Unidos e da Alemanha durante a Segunda Guerra Mundial. Pretende-se mostrar a relação existente entre ciência e sociedade e como uma pode interferir no desenvolvimento da outra. Temos a intenção de proporcionar um estudo dos conteúdos de Física Nuclear mais interessante e menos abstrato para os alunos do ensino médio, de maneira tal que estes vejam a relevância da compreensão desses conteúdos para sua vida acadêmica e em sociedade.

Na sequência desse trabalho apresentamos nossas fundamentações teóricas, iniciando pela contextualização do ensino de Física no Ensino Médio, enfatizando a inserção de FMC. No capítulo seguinte, discutimos especificamente, o ensino de Física Nuclear no Ensino Médio, destacando como o tema é abordado nos livros didáticos. No quarto capítulo, apresentamos a teoria histórico interacionista de Vygotsky e sua concepção sobre sentidos e significados e suas aplicações no processo de ensino/aprendizagem. Em seguida, abordamos as contribuições da História e Filosofia da Ciência no ensino, sua presença nas salas. No capítulo que sucede, abordamos os aspectos e considerações feitas para a construção do texto teatral e ainda apresentamos o mesmo em sua íntegra. Na sequência, descrevemos o processo de elaboração e organização da sequência didática desenvolvida. Finalmente, no capítulo seguinte, apresentamos os resultados e discussões feitos sobre os mesmos. Finalizamos apresentando as considerações finais que obtivemos sobre o trabalho.

2 ENSINO DE FÍSICA NO ENSINO MÉDIO

Neste capítulo serão abordados: dificuldades encontradas nas salas de aula, formação e preparação para os professores e também os requisitos sugeridos pelo PCN e o currículo de Física no EM.

2.1 Introdução

O objetivo da Física enquanto ciência é compreender e explicar o comportamento da natureza e seus fenômenos; “é impossível dizer quando a Física começou na história da nossa espécie mas certamente foi na pré-história... o homem primitivo já fazia Física claro que ele não dava esse nome”. (CHERMAN, 2004, p. 15).

A Física nos fornece elementos para que possamos compreender melhor o mundo ao nosso redor. Nessa área do conhecimento, os cientistas utilizam de pesquisas teóricas e experimentais para alcançar resultados. Esse conhecimento é então socializado, primeiramente na comunidade acadêmica de maneira que vai sendo construído e então disseminado para que os saberes produzidos sejam então de conhecimento da população e não apenas de um pequeno grupo. Por isso a Física integra o quadro de disciplinas da educação básica, na qual os alunos devem adquirir noções básicas da mesma, de maneira tal que seja benéfico para a vida em sociedade e sirvam de base para conhecimentos na vida acadêmica.

Infelizmente em muitas escolas não é dessa forma que a Física é apresentada para os alunos e, por isso, essa acaba sendo vista por eles como uma disciplina que nada diz respeito sobre suas realidades. Sem a beleza dada por um contexto mais amplo, a Física normalmente ensinada aos jovens se torna difícil e cansativa, consistindo somente em regras confusas e distantes do cotidiano. Há décadas os pesquisadores em ensino de Física vem problematizando o ensino tradicional, que reforça a crença de que a Física seja feita de fórmulas.

A matemática é apenas a linguagem com a qual falamos com o mundo e com a natureza, mas de forma alguma é o mundo e a natureza. Reduzir a Física às fórmulas matemáticas é como reduzir um idioma às suas palavras. Um dicionário – que teoricamente contém todas as palavras de uma língua – não é o idioma (CHERMAN, 2004, p. 13).

Infelizmente, no entanto, não é o único problema enfrentado pelas escolas brasileiras. É necessário que algumas mudanças sejam efetivadas na intenção de proporcionar um ensino no qual os alunos vejam algum significado para o conhecimento, para além das salas de aula.

2.2 Realidade nas salas de aula

Como professores, enxergamos que diversos são os problemas enfrentados nas salas de aula do ensino médio na educação pública. Não só por professores de Física, mas por todos; dentre esses problemas, os principais estão: o grande número de alunos por sala, a falta de material de apoio didático (computador, data show, livros, experimentos), de infraestrutura (sala de informática,

laboratórios, espaço para atividades fora da sala de aula) e também de auxílio financeiro (que inclui a falta de verba para o lanche dos alunos, o atraso do salário dos funcionários e verba para realização de projetos e atividades diferenciadas). Sem contar, ainda, o diminuto número de aulas para uma grande quantidade de conteúdos e as diversas avaliações externas, que priorizam saber resolver equações e problemas que fogem da realidade a compreender os conceitos, compreender a importância do assunto para a vida fora da sala de aula.

Outra dificuldade, é conseguir prender a atenção e manter o interesse dos estudantes nas aulas. Pois enquanto os professores, tentam trabalhar conceitos que em muitas vezes são complexos e nos quais muitos alunos não veem uma razão óbvia para aprendê-los ou simplesmente não possuem interesse. Os estudantes possuem acesso a diversas tecnologias, jogos e até mesmo acontecimentos que marcam a semana dos mesmos que são altamente atrativos. Isso somado a rotina que desenvolve na maioria das salas de aula de teoria e exercícios, não por culpa do professor mas por que para este na maioria das vezes não chega os recursos necessários para proporcionar aos estudantes uma aula diferenciada. Diante da escassez de recursos, os professores são obrigados a competir pela atenção dos estudantes dentro e fora da sala de aula.

Pesquisadores do ensino, nas últimas décadas, vem apresentando cada vez mais propostas diferenciadas para abordagem de diferentes conteúdos desde a Física clássica até a Física moderna. Contudo, por muitas vezes essas propostas não são aplicadas, não somente por falta de interesse do professor, mas por serem pouco viáveis perante a situação apresentada. Seja devido a falta de tempo, ou pela falta dos recursos necessários já que estes acabam sendo escassos ou inexistentes na maioria das escolas públicas. As tecnologias atuais podem sim serem vistas como aliadas, a questão é que infelizmente, nem sempre os professores dispõem das mesmas dentro da sala de aula.

Diante de tal situação fica evidenciado que faz-se necessária uma maior aproximação entre professores da educação básica, superior e pesquisadores para que as diversas propostas feitas, tais como: sequências e unidades didáticas, jogos computacionais educativos, experimentos e tantas outras possam ser efetivadas. Com o intuito de contribuir efetivamente para o processo de ensino e aprendizagem e não serem somente propostas que fiquem apenas no papel.

Um consenso entre os pesquisadores de ensino de ciências é que seja qual for a dificuldade encontrada pelos professores de Física na educação básica, o ensino dessa disciplina não deve se ater somente em aplicações de equações para resolução de problemas, como infelizmente ocorre em diversas salas de aula pelo país.

...Saber Física não significa somente saber fazer exercícios de Física, mas também desenvolver uma cultura em Física, adquirindo noções sólidas sobre o que a Física produz, quais seus objetos de estudo, como ela se desenvolve enquanto ciência, quais suas contribuições no mundo contemporâneo, quais seus conceitos fundamentais e suas aplicações... (ZANOTELLO; ALMEIDA, 2007, p. 438).

Como sugerido nos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) (Brasil, 2000), é de extrema importância que o professor leve em consideração, ao ensinar Física na educação básica, que dentre os alunos poucos são o que darão continuidade no aprendizado dessa ciência após esta etapa do ensino. Por esse motivo, não faz sentido que o ensino dessa disciplina se reduza a apresentação desses formalismos matemáticos e problemas. Esta fatia da formação exige, entre outras coisas, que “não esteja direcionado unicamente na preparação para o vestibular, tampouco para uma formação profissional” (RICARDO; FREIRE, 2007, p. 252). Por isso, o ensino de ciências deve se voltar principalmente para uma formação de indivíduos críticos, que saibam empregar os conhecimentos científicos em situações cotidianas, percebendo a ciência como uma construção humana, inserida em seu contexto sociocultural.

Uma opção para se alcançar este objetivo é a utilização da teoria histórico-cultural de Vygotsky no desenvolvimento das aulas e atividades, já que essa propõe a construção do conhecimento, permitindo e possibilitando assim um estudo que vai além de aprender conteúdos unicamente pelos conteúdos, mas também pela importância deles na sociedade.

As deficiências do ensino que é praticado em nossas escolas, e até mesmo nas universidades, manifestam-se na evasão escolar, no alto índice de repetência, na crescente difusão dos chamados cursinhos informais preparatórios e, principalmente, no fraco desempenho dos alunos quando colocados diante de situações em que são solicitados a explicitar seu aprendizado. (BONADIMAN; NONENMACHER, 2007, P.195)

A maneira como a Física vem sendo abordada, na maioria das escolas, ao mostrar e utilizar de leis e teorias como se fossem indiscutíveis, fazendo com que os estudantes as decorem e tomem como uma verdade imutável, traz para os alunos uma visão distorcida do que é ciência. Já é observável que as metodologias tradicionais, não têm surtido efeito nos dias atuais, servindo apenas para desestimular ainda mais os alunos. Isso ocorre porque, na maioria das vezes, estes presenciam aulas expositivas, não dialogadas, nas quais acabam atuando apenas como “receptores”. Estas aulas costumam estar repletas de exemplos e atividades que fogem da realidade e do contexto em que os alunos estão inseridos. Para Vygotsky,

O ensino direto de conceitos é impossível e infrutífero. Um professor que tenta fazer isso geralmente não obtém qualquer resultado, exceto o verbalismo vazio, uma repetição de palavras pela criança, semelhante à de um papagaio, que simula um conhecimento dos conceitos correspondentes, mas que na realidade oculta um vácuo. (VYGOTSKY, 1987, p.72)

Encontramos, ainda, nas salas de aula um grande número de alunos no EM com dificuldade em leitura e interpretação. Como pesquisadores e professores, sabemos que esse problema não afeta só as aulas de português e por esse motivo não é responsabilidade apenas do professor dessa disciplina, mas sim da escola e da comunidade, já que esse não fica restrito pelas paredes das

escolas. Mas é papel da escola analisar as dificuldades e numa tentativa de saná-las. A elaboração e/ou desenvolvimento de projetos que trabalhem a leitura sempre são importantes para incentivar crianças, jovens e adultos a praticar esse tipo de atividade, a escola deve sempre estar empenhada em incentivar a leitura.

Infelizmente, o trabalho fracionado faz com que, na maioria das vezes, só o professor de língua portuguesa fique responsável por esse trabalho, assim como o da interpretação de textos. Apesar de essa ser uma das funções principais dos docentes dessa disciplina, os profissionais de outras matérias devem também incluir nas suas atividades a leitura e interpretação. Na docência não podemos ignorar problemas como este que afetam toda a sociedade e jogar a culpa nos professores de uma disciplina apenas. Muitos são os assuntos que estão presentes em mais de uma matéria, então são trabalhados nas mesmas, claro respeitando o foco e a necessidade da disciplina. A leitura e interpretação são conteúdos comuns a todas, já que se necessário que o aluno saiba ler e interpretar em todas as disciplinas. Por esse motivo, é responsabilidade de todos os professores a busca para que o estudante tenha um ambiente propício para aprender e desenvolver seus conhecimentos nessa área em todas as disciplinas e não somente nas aulas de língua portuguesa. Paro (2011, p.163) destaca que se “toma a docência por analogia a qualquer outro trabalho na produção econômica da sociedade”. Precisamos, no entanto, levar em consideração que

...o papel principal do professor não é a transformação passiva do objeto de trabalho, mas sim o de propiciar condições para que o próprio objeto de trabalho se transforme ao produzir a própria educação, que consiste na formação de sua personalidade, pela apropriação da cultura... (PARO, 2011, p. 165).

Em outras palavras, é obrigação do professor, apresentar os meios necessários para os estudantes obterem conhecimento. Contudo, os discentes precisam estar interessados em aprender pois não podemos forçá-los. Por isso, como parte da nossa responsabilidade devemos estar atentos aos estudantes, aos seus interesses e habilidades.

2.3 Uma necessidade diante do atual quadro da educação

Na sociedade atual, a experiência educacional deve ser diferenciada, na intenção de despertar o interesse dos estudantes e de atraí-los para a escola, para que essa não seja apenas um lugar no qual ele é obrigado a estar presente, mas onde sente prazer de estar e ainda adquire e desenvolve conhecimentos. Os estudantes precisam perceber que eles são o foco do ambiente escolar, compreender que nós: professores, diretores e familiares estamos ali para apoiá-los e ajudá-los, mas que o aprendizado depende deles. Por outro lado, nós como professores, precisamos entender que são indivíduos singulares e devemos propiciar meios para que se desenvolvam com autonomia.

Apesar das dificuldades encontradas, os alunos necessitam participar ativamente do processo de aprendizagem para o desenvolvimento de suas competências. Faz-se necessário que compreendamos todos que o ensino não pode ser compartimentalizado, possibilitando, assim, um aprender muito mais efetivo do que aquele que tem como único objetivo decorar os assuntos da prova. Se o ensino for lúdico e/ou contextualizado, o processo de ensino/a aprendizagem pode continuar fora da sala de aula, no âmbito social. Exemplos disso são: os alunos comentam com a família ao se depararem com uma situação ilustrada em aula, a aula ter sido tão interessante que faz com que esse queira dividir com a família e amigos o que aprendeu, ou ainda buscando saber mais sobre o que aprendeu em sala de aula.

É importante, ainda, que o estudante do EM venha construir um conhecimento que mostre a Física não como uma ciência pronta, resultando da participação de poucos cientistas brilhantes, mas sim uma ciência em construção que se faz presente nas nossas vidas mesmo fora das salas de aula. Assim, buscamos fomentar a visão de que as aplicações da Física fazem parte do cotidiano e da realidade de todos, na intenção de que o estudante perceba que a Física faz parte de sua vida e que ele pode “fazer” Física se assim o quiser. Mas também para que perceba que os rumos que a ciência toma estão interligados com os rumos da sociedade.

Contudo, os currículos atuais de Física, mesmo que apresentem algumas diferenças entre si, mantém o seu foco na Física clássica. O currículo do Estado de Minas Gerais isso fica ainda mais evidente. Esse foco faz com que o aluno tenha uma compreensão limitada do mundo que nos cerca. A FMC, pode ser excitante para os alunos, pois eles podem ver cientistas falando sobre suas pesquisas nas mídias sociais e meios de telecomunicações, já que essa faz parte do passado, mas também do presente.

Wilson (1992), destaca que o entusiasmo dos estudantes em aprender, na própria escola, temas que encontram em revistas ou jornais justifica, a necessidade da atualização curricular.

Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers, presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. (BRASIL, 2002, p. 70).

2.4 Física Moderna e Contemporânea no ensino médio

Pugliese (2017) fez um estudo com professores de escolas estaduais em São Paulo. Com base nessa pesquisa, chegou a um questionamento interessante e: “se a tecnologia industrial tem se mostrado tão integrada com a Física do século XX e está tão presente no cotidiano dos jovens

estudantes e dos professores do ensino médio, por que a Física ensinada nas escolas parece tão isolada e distante do mundo real?”(Pugliese 2017, p.964). “Além da questão tecnológica, os episódios das descobertas da Física nos finais dos anos de 1800 e início dos anos 1900, possibilitam identificar peculiaridades a respeito do desenvolvimento da ciência. (SILVA; ARENGHI; LINO, 2013, p.70)

Apesar da importância da Física moderna para compreensão de diversas tecnologias no mundo atual, esse conteúdo ainda não faz parte do currículo de Física na educação básica de Minas Gerais. Por esse motivo, uma grande discussão sobre a atualização do currículo de Física tem sido feita, na tentativa de se inserir conteúdos de Física Moderna Contemporânea. Sanches destaca que

[...] desde a década de 70, a pesquisa na área de ensino de Física vem desenvolvendo parte de sua produção voltada para as novas perspectivas curriculares. [...] Mas, foi somente a partir de meados da década de oitenta que a linha de pesquisa Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio começou a questionar, com maior intensidade, os temas de Física tradicionalmente ensinados nas escolas. (SANCHES, 2006, p. 18).

A LDB/96, atenta para a necessidade de se fazer uma atualização curricular, na intenção de que o currículo, favoreça melhorias na educação, e contribua para a formação dos cidadãos atuantes na sociedade moderna.

A influência crescente dos conteúdos de Física Moderna e Contemporânea para o entendimento do mundo criado pelo homem atual, bem como a inserção consciente, participativa e modificadora do cidadão neste mesmo mundo, define, por si só, a necessidade de debatermos e estabelecermos as formas de abordar tais conteúdos na escola de 2º grau (TERRAZAN, 1992, p. 210)

Nesse sentido, os PCNs demonstram também sua preocupação com os conteúdos tratados. Isso fica bem claro no PCN de Ciências da Natureza e suas tecnologias, que destaca:

...o cada ciência, que dá nome a cada disciplina, deve também tratar das dimensões tecnológicas a ela correlatas, isso exigirá uma atualização de conteúdos ainda mais ágil, pois as aplicações práticas têm um ritmo de transformação maior que o da produção científica... (BRASIL, 1999, p. 8).

No PCNs + de Física, a defesa por uma atualização curricular não é diferente. Neste, a mudança curricular é sugerida na intenção de apresentar

Uma Física cujo significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao aprendizado... Uma Física que discuta a origem do universo e sua evolução. Que trate do refrigerador ou dos motores a combustão, das células fotoelétricas, das radiações presentes no dia a dia, mas também dos princípios gerais que permitem generalizar todas essas compreensões (BRASIL, 2002, p. 23).

Obviamente que, se existem dificuldades para se trabalhar os conteúdos de Física clássica, com os conteúdos de Física moderna não será diferente. Dessa forma, pesquisas tem discutido a questão de quais conteúdos serão abordados, como isso será feito e em qual ou quais séries da

educação básica. Na revisão bibliográfica de pesquisas em FMC no ensino de Física feita por Ostermann e Moreira (2000, p. XX), evidenciaram que “temas de FMC como divulgação científica ou bibliografia de consulta (para professores), é o de maior número de publicações”.

Pereira e Ostermann (2009), deram continuidade ao trabalho e analisaram novamente os trabalhos na área no período de 2000 a 2009, publicados nas principais revistas de ensino do país. Além de um crescente número de artigos, teses e dissertações em FMC, registraram também que dos 102 trabalhos analisados, 52 se enquadravam na categoria de consulta para professores. Evidenciaram ainda que apenas 22 dos trabalhos, eram de propostas para a sala de aula no EM, tendo obviamente mudanças quanto aos temas e forma de abordagem. Essa revisão bibliográfica, evidencia também que a maioria das pesquisas voltadas para o ensino de Física Moderna Contemporânea no Ensino Médio, enfatizou o ensino da Relatividade Restrita.

A partir da leitura dos trabalhos publicados nas principais revistas de ensino do país e na Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD), entre o período de 2009 a 2019, podemos notar que o foco das pesquisas não sofreu grandes alterações. Notando um aumento no número de trabalhos abordando o efeito fotoelétrico, voltados para educação básica.

A partir dos trabalhos de Ostermann e Moreira (2000) e Pereira e Ostermann (2009) podemos observar um consenso quanto à necessidade e importância da FMC para formação dos estudantes. São vários os motivos que os levam a esse pensamento e um deles é que este conteúdo auxilia na compreensão do mundo que o cerca e nós como pesquisadores devemos proporcionar meios para que isso ocorra.

Em relação às dificuldades encontradas para a inserção de FMC no EM, dentre as quais vale destacar: as que se referem à organização, seleção e enfoque dos conteúdos de FMC a serem abordados, associados às estratégias a serem utilizadas e preparação por parte dos professores para tal abordagem. Além dessas, podemos destacar ainda

a dificuldade e a lentidão da inserção efetiva desses tópicos no Ensino Médio indicam a presença de obstáculos marcantes, dentre eles a falta de um objetivo mais claro do que se quer com essa inserção, de como fazê-lo, da falta de material didático instrucional adequado, além de dificuldades estruturais no processo de formação dos professores. (PORTO, 2011, p. 10).

Ainda vale ressaltar que, além dos acima citados para a inserção de novos conteúdos enfrenta-se ainda os vários problemas comumente identificados nas aulas de Física atualmente, pois apesar do aumento de trabalhos voltados para a inserção de FMC, os professores nem sempre tem como aplicá-los em sala de aula por falta de material de apoio e laboratórios. Situação como essa, são encontradas por todo o país, devido à falta dos recursos necessários, que já foram citados nesse trabalho.

Para que as mudanças sugeridas sejam efetivadas, não só devido às indicações das leis, mas por serem de real importância para a formação do estudante, não somente para a vida acadêmica. Na vida em sociedade, para que possam opinar, participar e contribuir para o desenvolvimento da sociedade, como cidadão participativo, faz-se necessário uma atualização curricular no ensino médio, para inserir conteúdos de FMC.

Contudo, perante o vasto número de conhecimentos contemplados pela Física do século XX, propomos que a seleção dos conteúdos, seja feita de maneira tal que, corresponda às diferentes justificativas que vêm sendo apontadas para a inserção da FMC, do ponto de vista dos objetivos educacionais. Tais justificativas consideram a importância desses conhecimentos para a compreensão do mundo contemporâneo, seja na intenção de se compreender os desenvolvimentos tecnológicos que permeiam nosso cotidiano ou mesmo para apresentar a natureza do próprio conhecimento científico.

Devido às diversas aplicações que a Física Nuclear possui na atualidade em setores, ela já se torna um tópico que merece espaço para ser trabalhado nas salas de aula.

a Física nuclear tem papel de destaque no cenário científico atual, e até mesmo na política econômica internacional no que concerne ao enriquecimento de urânio para fins militares ou produção de energia elétrica, o que a torna um assunto relevante do ponto de vista educacional... (SOUZA; DANTAS, 2010, p. 138)

Assim como outros episódios históricos, a Física Nuclear envolve e possibilita discussões Físicas, filosóficas e morais, em particular no período entre a Primeira e a Segunda Guerra Mundial, quando houve uma série de dilemas envolvendo a pesquisa sobre a produção de armas (Bagdonas 2019). Além disso, o ensino da Física Nuclear é importante devido ao medo geralmente causado pela sua utilização na construção de armamentos ou por acidentes em usinas nucleares, que parece relacionado ao pouco conhecimento que a população possui sobre esse assunto, em particular sobre outras aplicações da Física Nuclear, em áreas como medicina e indústria.

Por ser um tema polêmico, é importante que seu estudo mobilize a busca por informações de modo crítico, preocupando-se com a confiabilidade das fontes e evitando posturas mal fundamentadas. No próximo capítulo abordamos as pesquisas sobre o ensino de Física nuclear que nortearam a construção de uma proposta didática para conduzir discussões sobre este assunto na educação básica.

3 FÍSICA NUCLEAR NA EDUCAÇÃO BÁSICA

Neste capítulo trataremos da presença da Física Nuclear na educação básica, possíveis abordagens, a presença nas salas de aula e como parte integrante dos conteúdos nos livros didáticos de Física no ensino médio. Discutiremos ainda a importância dessa área da Física para os alunos e os motivos que nos levam a crer que a presença da Física Nuclear no EM deve ser efetivada. Nesse sentido a maioria dos escritores têm tentado acompanhar a nova demanda para inserir conteúdos de Física Nuclear de alguma forma nos livros didáticos.

A Física Nuclear é um dos conteúdos da Física cujas aplicações ganham um destaque notório nas mídias, sendo muito comentado e discutido pelas pessoas fora do meio acadêmico. Faz parte dos conteúdos FMC os quais possuem diversas aplicações no mundo atual e esse tema em específico não fica para trás.

Para a maior parte da sociedade, no entanto, a Física Nuclear é sempre relacionada às aplicações que lhe concedeu todo o destaque que possui hoje: armamentos bélicos, principalmente, e acidentes nucleares. Na sociedade atual, porém, suas aplicações vão muito além e estas acabam sendo desconhecidas pela população, por isso passam despercebidas.

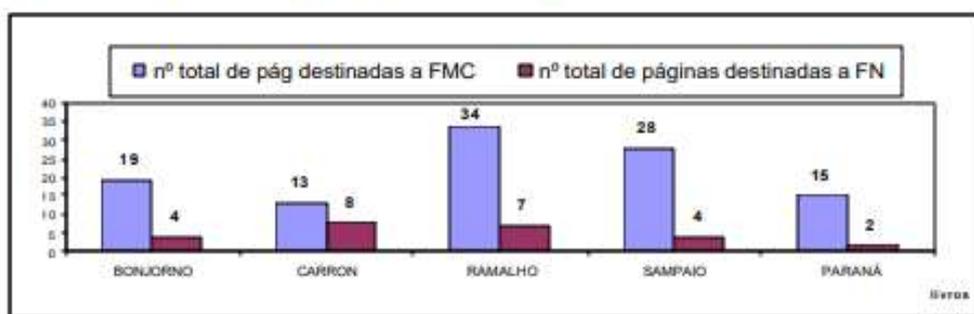
Sabendo disso, como professores, nossa obrigação é propiciar um conhecimento que abranja todas as informações necessárias para que os estudantes consigam compreender a Física Nuclear e desenvolver sua própria opinião, sobre a utilização da Física nuclear e em como utilizá-la. Mas o processo de aprendizado não se resume à transmissão de conteúdos, mas também no auxílio para organizar os conceitos, pensamentos e ainda auxiliar no processo de reflexão das informações de forma crítica.

3.1 Conteúdos de Física Nuclear nos livros didáticos

Além das contribuições destacadas na seção 2.4, outros trabalhos de pesquisa tiveram grandes contribuições para consolidar a tendência de inserir temas de FMC no Ensino Médio (TERRAZZAN, 1994; CAMARGO, 1996; MENEZES E HOSOUME, 1997; PAULO, 1997; PINTO E ZANETIC, 1999; OSTERMANN E MOREIRA, 2000; VALADARES E MOREIRA, 1998; BROCKINGTON E PIETROCOLA, 2004, PEREZ E CALUZI, 2004; MACHADO E NARDI, 2006; VIANA E FILHO, 2006. Possivelmente, na tentativa de acompanhar essa tendência, parte dos livros didáticos voltados para essa etapa da educação tem incorporado alguns desses conteúdos. Valente, Barcellos, Salém e Kawamura (2008), visando identificar como o conteúdo de Física nuclear vem sendo apresentado nos livros didáticos, analisaram oito livros utilizados no estado de São Paulo com certa expressividade, com anos de publicação de 2003 à 2005, sendo eles:

Física: história e cotidiano 3¹, Física 3², Física: volume único³, Física: Eletromagnetismo e Física Moderna 3⁴, Os fundamentos da Física 3⁵, Física volume único – coleção ensino médio atual⁶, Física Paraná⁷, Física: Ensino Médio⁸. A partir de suas análises, observaram que dos livros analisados apenas 5 apresentavam conteúdos de FMC, e mesmo dentre esses o espaço que a Física Nuclear possui é relativamente pouco, como pode ser observado na Figura 3.1, ao vermos o número de páginas que a Física Nuclear ganha dentro dos conteúdos de FMC. Em suas análises, Valente, Barcellos, Salém e Kawamura (2008), concluem que os conhecimentos trazidos nos exemplares citados, não são suficiente para se alcançar o conhecimento educacional pretendido nessa etapa do ensino. As autoras ainda salientam o grande enfoque nos conceitos científicos e poucas discussões quanto aos aspectos históricos, sociais e culturais.

Figura 3.1 - Número de páginas destinados a FMC e a Física Nuclear.



Fonte: Valente, Barcellos, Salém e Kawamura (2008)

Com base em nossa experiência nas escolas estaduais de Minas Gerais, ao que parece em 2019 a maioria dos livros analisados por Valente, Barcellos, Salém e Kawamura (2008) não estão mais sendo utilizados, tendo alguns sendo substituídos por versões mais novas. Por isso é interessante analisar os livros aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de Física de 2018, estes são apresentados no quadro 3.1.

1 BONJORNO, J. R.; BONJORNO, R. A.; BONJORNO, V.; RAMOS, C. M.; Física: história & cotidiano 3. São Paulo: FTD, 2003.

2 CABRAL, F.; LAGO, A. Física 3. São Paulo: Harbra, 2002.

3 CARRON, W.; GUIMARÃES, O.; Física: volume único - coleção base – 2ª ed. São Paulo: Moderna, 2003.

4 GASPAR, A.; Física: Eletromagnetismo e Física Moderna 3. 1ª ed. São Paulo: Ática, 2003.

5 RAMALHO, F.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T.; Os fundamentos da Física 3. 8ªed. rev. e ampl. São Paulo: Moderna, 2003.

6 SAMPAIO, J. L.; CALÇADA, C. S.; Física volume único – coleção ensino médio atual. São Paulo: Atual, 2003.

7 (PARANÁ) SILVA, D. N.; Física Paraná - volume único – série novo Ensino Médio6ª ed. São Paulo: Ática, 2003.

8 TAVALERA, Á. C.; PIAZZI, P.; CARVALHO, L. T.; SILVEIRA; E. M.. Física: Ensino Médio: volume único, 1ª ed. São Paulo: Nova Geração, 2005.

Quadro 3.1 - Livros aprovados no PNLD de Física de 2018

LIVRO	AUTORES
Física, EDITORA ÁTICA 2ª edição – 2016	CARRON; GUIMARÃES; PIQUEIRA;
COMPREENDENDO A Física, EDITORA ÁTICA 3ª edição – 2016	ALBERTO GASPAR
Física: CONTEXTO & APLICAÇÕES EDITORA SCIPIONE 2ª edição – 2016	ANTÔNIO MÁXIMO; BEATRIZ ALVARENGA; CARLA GUIMARÃES;
SER PROTAGONISTA, SM 3ª edição – 2016	ADRIANA BENETTI MARQUES VÁLIO; ANA FUKUI; ANA PAULA SOUZA NANI; BASSAM FERDINIAN; GLADSTONE ALVARENGA DE OLIVEIRA; MADSON DE MELO MOLINA; VENÊ;
Física PARA O ENSINO MÉDIO SARAIVA EDUCAÇÃO 4ª edição – 2016	FUKE; KAZUHITO;
Física SARAIVA EDUCAÇÃO 3ª edição – 2016	GUALTER; HELOU; NEWTON;
Física: INTERAÇÃO E TECNOLOGIA LEYA 2ª edição – 2016	AURELIO GONÇALVES FILHO; CARLOS TOSCANO
Física AULA POR AULA FTD 3ª edição – 2016	BENIGNO BARRETO; CLAUDIO XAVIER
Física, FTD 3ª edição – 2016	BONJORNO; CASEMIRO; CLINTON; EDUARDO PRADO;
Física EM CONTEXTOS, EDITORA DO BRASIL 1ª edição – 2016	ALEXANDER POGIBIN; MAURÍCIO PIETROCOLA; RENATA DE ANDRADE; TALITA RAQUEL ROMERO;
Física – CIÊNCIA E TECNOLOGIA MODERNA 4ª edição - 2016	CARLOS MAGNO A. TORRES; NICOLAU GILBERTO FERRARO; PAULO ANTONIO DE TOLEDO SOARES; PAULO CESAR MARTINS PENTEADO;
CONEXÕES COM A Física MODERNA 3ª edição - 2016	BLAIDI SANT'ANNA; GLORINHA MARTINI; HUGO CARNEIRO REIS; WALTER SPINELLI

Fonte: Autora

Dos 12 livros aprovados no PNLD, foi possível analisar 10, faltando apenas os livros Ser Protagonista, 3ª edição - 2016 da Editora SM e o livro Física em Contextos, 1ª edição – 2016 da

Editora do Brasil, isso pois não conseguimos acesso a esses exemplares. Por essa razão as informações sobre ambos os livros não são completas como as dos outros. Foi possível analisar que dos 12 livros aprovados todos possuem FMC, já que este conteúdo é obrigatório pelas regras do PNLD para que o livro seja aprovado, apresentados de alguma forma para os alunos. Nossa análise foi feita, levando em consideração, os livros apresentados na Quadro 3.1 dentre esses quais apresentam conteúdos de Física Nuclear, esclarecendo a forma como esses são apresentados. Para essas considerações é necessário antes, ter bem claro o sentido quando utilizamos o termo contextualizada, estamos nos referindo a uma abordagem feita vinculando o conhecimento, conceitos a serem estudados as suas aplicações na realidade dos estudantes.

Quadro 3.2 - Análise da presença e possível abordagem do conteúdo de Física Nuclear, nos livros de Física aprovados no PNLD de 2018. (continua)

LIVRO	CONTEÚDO de Física Nuclear
FÍSICA, EDITORA ÁTICA 2ª edição - 2016	O conteúdo de Física Nuclear aparece no terceiro volume, com um capítulo destinado a abordagem do mesmo de forma contextualizada.
COMPREENDENDO A FÍSICA, EDITORA ÁTICA 3ª edição – 2016	O conteúdo aparece no terceiro volume, com um tópico destinado à energia nuclear. Contudo, quanto à contextualização, não conseguimos observar tal feito no livro do aluno.
FÍSICA: CONTEXTO & APLICAÇÕES EDITORA SCIPIONE 2ª edição – 2016	Apresenta conteúdo de Física Nuclear, apenas nos tópicos de curiosidades, porém esse não fica restrito a apenas uma das séries.
SER PROTAGONISTA, SM 3ª edição - 2016	Possui um capítulo para FMC, contudo como não obtivemos o livro não é possível afirmar que possui ou não os conteúdos de Física Nuclear.
FÍSICA PARA O ENSINO MÉDIO SARAIVA EDUCAÇÃO 4ª edição - 2016	O conteúdo é apresentado no terceiro volume, com um capítulo destinado à abordagem do mesmo de forma contextualiza e apresentando aspectos históricos.
FÍSICA SARAIVA EDUCAÇÃO 3ª edição - 2016	O conteúdo de Física Nuclear não possui um capítulo destinado a seu estudo, aparecendo de maneira dispersa.
FÍSICA: INTERAÇÃO E TECNOLOGIA LEYA 2ª edição - 2016	A Física Nuclear, neste livro, é abordada a partir de suas aplicações, com uma contextualização histórica, mas sem uma profunda discussão dos conteúdos.
FÍSICA AULA POR AULA FTD 3ª edição - 2016	Possui um capítulo específico para o conteúdo de Física Nuclear, apresentando boa contextualização e conteúdos históricos, colocando em evidência a relação entre ciência, tecnologia e sociedade.
FÍSICA, FTD 3ª edição - 2016	A Física Nuclear, neste livro, é trabalhada apenas por meio da radioatividade, suas

	aplicações e contextualização histórica.
FÍSICA EM CONTEXTOS, EDITORA DO BRASIL 1ª edição - 2016	O livro não foi analisado, por isso não é possível afirmar nada sobre seus conteúdos.
FÍSICA – CIÊNCIA E TECNOLOGIA MODERNA 4ª edição - 2016	O capítulo de Física Nuclear permite que o estudante reflita sobre assuntos tratados tanto na perspectiva histórica e conceitual quanto contextual, de forma clara e a forma como os conteúdos são apresentados evita que a ciência pareça ser inquestionável e feita por poucos.
CONEXÕES COM A FÍSICA MODERNA 3ª edição - 2016	Apresenta um capítulo para a FMC, contudo a Física Nuclear não ganha destaque no mesmo, sendo apresentada mais como questões de curiosidade (conclusão)

Fonte: Autora

Como o edital do PNLD 2018 exigia a presença de conteúdos de FMC, todos os livros analisados apresentaram alguma abordagem para a Física Nuclear, mas nem sempre destacada dentre os demais assuntos. Dentre estes assuntos de FMC, a relatividade está sempre presente. Já dentre os tópicos relacionados a Física Nuclear, o mais comum nos livros é a radioatividade.

Outro aspecto interessante é que como exigência do PNLD todos os livros possuem manual do professor, na intenção de auxiliá-lo quanto à base de conhecimentos necessários para aula, seja acrescentando conhecimento ou atualizando. Mesmo que de formas que diferem entre si, os manuais apresentam textos próprios ou indicações de sites, livros, vídeos que contribuam para a preparação da aula e conhecimento mais profundo por parte do professor e por vezes podem ser utilizados durante as aulas. Contudo, infelizmente não são todos os professores da rede estadual que conseguem acesso ao manual

É necessário salientar que o livro é apenas um material de apoio, nada impede que o professor trabalhe conteúdos que não estão presentes neste, ou até mesmo os que estão presentes utilizando uma abordagem diferente. Contudo, a presença dos conteúdos no material de apoio, facilita o trabalho do professor e o estudo do aluno. Valente, Barcellos, Salém e Kawamura (2008) sintetizam a partir da análise feita dizendo que

....a abordagem do tema Física Nuclear é predominantemente informativa, com muitas ilustrações. Percebemos, na maioria dos livros, uma tendência em iniciar os tópicos com a definição do tema, com pouco aprofundamento teórico e conceitual, privilegiando os aspectos quantitativos, com ênfase em exercícios e aplicações numéricas, em detrimento de aspectos conceituais e qualitativos. (2008, p.8)

A partir da breve análise feita nos livros aprovados pelo PNLD, apresentada na Quadro 3.2, percebemos que esse tipo de abordagem ainda é predominante na maioria dos livros que apresentam

conteúdos de Física Nuclear. Mesmo nos livros que apresentam aplicações, essas em sua maioria são feitas de maneira que não tentam relacionar com o conteúdo conceitual. Acreditamos que isso ocorre, “dada a breve extensão com que o tema é discutido, são privilegiados os aspectos informativos e não uma discussão conceitual propriamente dita.”(VALENTE, BARCELLOS, SALÉM e KAWAMURA, 2008, p.9)

Contudo será que a presença na maioria dos livros didáticos é o suficiente para que esta esteja efetivamente presente nas aulas de Física no EM?

3.2 Física Nuclear nas salas de aula

A Física Nuclear é um dos poucos conteúdos de FMC previstos em alguns dos currículos estaduais, dentre o eles o currículo do estadual do Rio de Janeiro e o Currículo mínimo de Minas Gerais. Nesse último, contudo, não é apresentada como conteúdo obrigatório. Mesmo nesses programas, no entanto, a presença nas salas de aula ainda é muito discreta, quase inexistente.

Dada sua relevância social, podemos considerar que o estudo da Física nuclear no ensino médio possibilitaria não só informação aos estudantes, mas também os auxiliaria a “reconhecer a Física enquanto construção humana, aspectos de sua história e relações com o contexto cultural, social, político e econômico” (Brasil, 1998, p.29) e ainda os capacitaria a “emitir juízos de valor em relação a situações sociais que envolvam aspectos físicos e/ou tecnológicos relevantes” (idem). É claro que para isso não bastaria apenas a inclusão de novos conteúdos em livros didáticos ou mesmo em sala de aula, mas também seriam necessárias novas formas de trabalhar a Física nas escolas. (SORPRESO, 2008, p.4)

Sorpreso (2008), ao realizar uma pesquisa com Licenciandos em Física, para trabalhar os conteúdos de Física Nuclear no ensino médio, aponta, algumas das dificuldades enfrentadas por esses, para inserção e para a abordagem propriamente dita. Ao mostrar diferentes abordagens, dentre elas CTSA (que evidencia a relação entre Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente) e História da Ciência, apesar das dificuldades relatadas pelos licenciandos para que essa inserção ocorra, a autora conseguiu mostrar como a evolução da ideia de abordagem que amadureceu durante a disciplina em que foi realizada esta pesquisa. Entretanto, vale destacar que uma das principais dificuldades relatadas pelos licenciandos para abordar os conteúdos de Física Nuclear nas aulas de Física, é devido ao vestibular. Isto acaba por ressaltar que o ensino médio, na verdade, tem sido visto por muitos como apenas uma forma de preparação para provas, um ensino instrumental.

Apesar de a realidade ainda não ser favorável à efetiva inserção desses conteúdos, sua presença se faz extremamente importante. Por isso, além de conseguir que este conteúdo seja efetivamente trabalhado, é necessário decidir o que trabalhar e como.

Faz-se necessário, ainda, estabelecer uma distinção entre o saber científico e o saber a ser ensinado. Isso pois a abordagem em sua maior parte quantitativa no EM, não contribui de forma

significativa para aprendizagem de conceitos e da relevância social. Acreditamos que “a educação deve responder aos projetos e problemas de cada época” (MENEZES, 2005; p.155), de forma a contribuir para a formação acadêmica e também para formação de cidadania do estudante, e com isso auxiliar na compreensão do mundo que o cerca.

Nesse sentido, uma abordagem mais conceitual e contextualizada tornaria possível, ainda, para um aluno, desenvolver suas próprias opiniões sobre o assunto, sem tê-las moldadas pela mídia. Partiria dele desenvolver seus julgamentos, ao saber que a Física Nuclear não resume suas aplicações à produção de energia e armas. Para isso, as aulas precisam evidenciar a utilização e importância dela em outras áreas.

Ao utilizar uma abordagem que evidencia o grande campo de aplicações, não se restringindo aos mais conhecidos e controversos, pode-se auxiliar na conscientização e compreensão por parte dos alunos. Com isso, a população poderia adquirir uma melhor compreensão sobre o tema, evitando as armadilhas de posturas tendenciosas. Essa mudança na forma de se ensinar poderia evitar futuros acidentes, como o que ocorreu em Goiânia com Césio-137 em 1987. O conhecimento da população sobre riscos de contaminação evitaria que quando um material radioativo fosse encontrado, este tivesse sido distribuído pelo bairro. Este conhecimento faria com que a população soubesse a quem chamar nesse caso, mantendo este material perigoso longe das mãos de crianças e provavelmente não o levando para casa.

O conhecimento sobre Física nuclear, por parte da população, também pode contribuir para a compreensão das usinas nucleares no Brasil, que existem. Apesar de não serem a principal fonte de energia elétrica, acabam sendo uma opção viável nos períodos de seca, já que as usinas hidrelétricas que o Brasil possui não são suficiente para suprir toda a necessidade do país, atualmente. Isso faz com que ainda sejam utilizadas usinas termelétricas, que são extremamente poluentes, pela liberação de gases na queima de combustíveis fósseis. Isso nos mostra que apesar de atualmente as usinas nucleares terem pouca relevância, comparativamente, na matriz energética brasileira, trata-se de uma alternativa viável levando em conta o impacto ambiental provocado, além dos gastos para a construção, produção e distribuição da energia elétrica.

O conhecimento sobre a Física nuclear também poderia mostrar, para a população, que esse segmento da Física não é usado apenas em coisas prejudiciais à saúde. A seguir citamos alguns exemplos de aplicações, que a maior parte da população brasileira desconhece, já que estas, não ganham destaque nas mídias, entretanto essas são muito mais comuns no dia a dia do que um vazamento ou uma bomba atômica. Uma das aplicações mais comuns e que de fato chega a maior parte da população é o fato de que em alguns alimentos temperados, dentre eles macarrões instantâneos e biscoitos, os temperos são irradiados para evitar o desenvolvimento de fungos após estes serem embalados. Vários são os estudos para colocar no mercado carnes irradiadas, na

intenção de aumentar a vida útil da carne que será consumida, ao inibir o crescimento microbiano, podendo assim interferir no valor do produto comercializado. Os alimentos passam em uma esteira e recebem radiação, matando assim bactérias, fungos, micróbios e pestes. Os elementos mais utilizados para esse processo, são: Cobalto e Césio.

Porém, quando falamos da presença da Física Nuclear para o controle de pragas, não necessariamente será exposto os alimentos, mas também são utilizadas para rastrear as chamadas pragas, como ratos, alguns insetos e animais peçonhentos de forma a encontrar seus ninhos e exterminá-los. E essa função não necessariamente se resume às plantações, qualquer lugar com infestação pode ser submetido a esse tipo de dedetização. O chamado rastreamento é feito colocando material radioativo em um “chamariz” para pragas, geralmente um possível alimento, que ao ser ingerido permite segui-lo por onde ele passa.

Na medicina, suas aplicações vão desde detecção de fraturas, ou outros problemas de saúde, feito por meio de aparelhos, a tratamentos para doenças. Um dos exemplos mais comuns é no tratamento para o câncer, sendo este mais efetivo e localizado que a quimioterapia, a chamada radioterapia.

Obviamente que além de mostrar suas diversas aplicações, como professores, é necessário avisar e ensinar os alunos sobre os possíveis acidentes causados pela utilização da Física Nuclear e suas respectivas consequências. Ao analisarmos os trabalhos já existentes na área como o de Souza e Cunha (2018), Sorpreso, Silva, Lima e Londero (2017) que fazem propostas interessantes e enriquecedoras para serem aplicadas nas salas de aula. Percebemos que são raras as exceções que abordam ou comentam das aplicações menos conhecidas, mantendo um foco principal nos armamentos bélicos ou na produção de energia. Essas aplicações, devido a todo o contexto social em que estão envolvidas, possibilitam evidenciar as relações entre ciência, tecnologia e sociedade com maior facilidade, por isso uma abordagem baseada nessa relação acaba por se tornar interessante, dependendo dos objetivos pretendidos com o trabalho.

Ao analisarmos os trabalhos encontrados na área de Ensino de Física Nuclear, a maioria deles trabalha com o enfoque CTSA, o que os diferem principalmente são as atividades desenvolvidas e os objetivos principais. Isso acontece devido às características históricas do desenvolvimento dessa área da Física, que permite ao professor contextualizar a relação entre ciência, tecnologia e sociedade. Mostrando a relação existente entre essas áreas e considerando a “Ciência no contexto social” e “CTS” como

...aquelas que tratam das inter-relações entre explicação científica, planejamento tecnológico e solução de problemas, e tomada de decisão sobre temas práticos de importância social. Tais currículos apresentam uma concepção de: (i) ciência como atividade humana que tenta controlar o ambiente e a nós mesmos, e que é intimamente relacionada à tecnologia e às questões sociais; (ii) sociedade que busca desenvolver, no público em geral e

também nos cientistas, uma visão operacional sofisticada de como são tomadas decisões sobre problemas sociais relacionados à ciência e tecnologia; (iii) aluno como alguém que seja preparado para tomar decisões inteligentes e que compreenda a base científica da tecnologia e a base prática das decisões; e (iv) professor como aquele que desenvolve o conhecimento de e o comprometimento com as inter-relações complexas entre ciência, tecnologia e decisões. (ROBERTS, 1991, apud SANTOS; MORTIMER, 2002, p. 112)

O propósito da educação CTS é promover o letramento em ciência e tecnologia, de maneira que se capacite o cidadão a participar no processo democrático de tomada de decisões e se promova a ação cidadã encaminhada à solução de problemas relacionados à tecnologia na sociedade industrial. (WAKS, 1990, p. 43)

Dessa forma, os alunos são preparados para que consigam tomar decisões sobre temas que envolvem ciência e tecnologia e a sociedade. Para que isso seja possível, é necessário que estes, possuam as ferramentas necessárias. Deixando para trás o método tradicional de simplesmente aceitar o que é dito pelo professor como verdade inquestionável.

As propostas que utilizam de enfoque CTS fazem uso de diferentes estratégias. Como é o caso do trabalho feito por Sorpreso, Silva, Lima e Londero (2017), que traz uma proposta para o ensino da energia nuclear na Educação de Jovens e Adultos por meio do enfoque CTS, na qual, para iniciar o assunto os alunos assistiram e fizeram discussões de documentários, de acidentes nucleares mais comentados nas últimas décadas. Souza e Cunha (2018) sugerem a utilização de reportagens de periódicos ou de programas televisivos reportando a algo atual. Mesmo que ambos tenham decidido um início similar, enquanto Sorpreso, Silva, Lima e Londero (2017) utiliza de episódios históricos, Souza e Cunha (2018) defende a utilização de situações atuais e que tenham relação com a comunidade no qual a sequência didática por eles desenvolvida será efetivada.

Durante as pesquisas, foi possível observar que mesmo que não diretamente apoiados em um referencial específico os estudos seguem uma linha de construção do conhecimento. Levando em consideração que no nosso trabalho desejávamos seguir a mesma linha de raciocínio e utilizar uma metodologia que permitisse ao estudante construir seu próprio conhecimento, e a partir daí desenvolver suas opiniões, optamos por trabalhar com o referencial teórico de Vygotsky que mostra como o meio social interfere no desenvolvimento do conhecimento e da formação de sentidos e significados.

4 TEORIA HISTÓRICO INTERACIONISTA

Neste capítulo, apresentaremos em linhas gerais a teoria histórico-interacionista, de Vygostky por meio de suas obras e sua compreensão sobre sentidos e significados. Buscando nessa teoria, implicações para a educação e em especial para esse trabalho.

4.1 Introdução

A escolha dessa teoria para o presente trabalho se justifica, pelo fato de apoiar a construção do conhecimento. Em outras palavras, iniciar os estudos com algo que o aluno conhece, e ir se aprofundando e trabalhando em cima das informações que o mesmo já possui e com isso inserindo novas e auxiliando na formação de conceitos e opiniões, de forma que estejam bem fundamentadas. Ainda se justifica por ela oferecer, um sistema de referência capaz de contribuir para a melhoria do ensino sem impor condições ou a necessidade de recursos inexistentes na maioria das escolas, mas claro não excluindo a possibilidade de usar os mesmos quando disponíveis. As teorias de Vygotsky podem ser aplicadas ao cotidiano da sala de aula tal como ela se apresenta, ou seja, sem a necessidade de investimentos por se tratar de uma mudança na maneira do professor ensinar.

4.2 Sentidos e significados

Em nossa concepção, “O ser humano só adquire cultura, linguagem, desenvolve o raciocínio se estiver inserido no meio com os outros. A criança só vai se desenvolver historicamente se inserida no meio social” (VYGOTSKY, 2003, p.22).

O estudante precisa participar ativamente na construção do seu conhecimento, deixando de ser um ouvinte, que simplesmente aceita o que lhe é dito. Para isso, é necessário propor situações de aprendizagem em que o aprendiz precise utilizar das relações sociais para desenvolver seus conhecimentos.

.... os sistemas simbólicos que se interpõem entre sujeito e objeto de conhecimento têm origem social. Isto é, é a cultura que fornece ao indivíduo os sistemas simbólicos de representação da realidade e, por meio deles, o universo de significações que permite construir uma ordenação, uma interpretação, dos dados do mundo real. Ao longo de seu desenvolvimento o indivíduo internaliza formas culturalmente dadas de comportamento, num processo em que as atividades externas, funções interpessoais, transformam-se em atividades internas, intrapsicológicas. As funções psicológicas superiores, baseadas na operação com sistemas simbólicos, são, pois, construídas de fora para dentro do indivíduo. O processo de internalização é, assim, fundamental no desenvolvimento do funcionamento psicológico humano. (OLIVEIRA, 1992, p. 27)

A teoria pedagógica histórico interacionista defende que a vivência em sociedade é essencial para a transformação da criança. Assim, o conhecimento é construído e concretizado progressivamente. Nesse sentido, o professor torna-se um mediador que proporciona meios para que

o estudante alcance um aprendizado efetivo, construindo junto com este o conhecimento e não dando lhes respostas prontas. Portanto, a mudança da sala de aula tradicional para a proposta feita por Vygotsky envolve uma alteração no papel do professor.

Entretanto, é importante ressaltar que mesmo diante destas mudanças o papel do professor não perde sua importância e nem deixa de ser necessário durante as atividades desenvolvidas, já que é de inteira responsabilidade deste intervir, caso necessário, para que o ensino seja realmente efetivo; se certificar de que o ambiente seja propício ao aprendizado; que a atividade esteja adequada aos alunos e cumpra sua função que é auxiliar no processo de ensino/aprendizagem.

Incentivar a curiosidade e a vontade de aprender são os principais desafios e objetivos de uma escola histórico interacionista. Segundo Vygotsky, a criança aprende identificando-se, imitando, brincando, fazendo analogias, opondo-se, codificando e decodificando símbolos e seus significados, sempre num ambiente social. Em outras palavras, não se nasce com predisposição a uma determinada área de estudo. Na verdade, o aprendizado depende dos estímulos que se recebe. Sendo assim, mesmo o aluno que possui dificuldades na disciplina de Física, poderá ter um melhor desempenho e desenvolver o interesse por ela. Contudo, para que isso aconteça é preciso que o professor estimule a interação social, imprescindível para o desenvolvimento cognitivo. Para isso, é importante estar atento ao que estimula e favorece o aprendizado dos estudantes e levar em consideração que todo aprendizado pode servir de base para outros conteúdos e assuntos.

Para Vygotsky, o **significado** e o **sentido** mediam a transformação do pensamento em palavra, sendo estes dois diferentes, porém complementares, e não podem ser compreendidos separadamente. Possuem ainda uma relação de dependência, que impede a existência de um sem o outro, isso ocorre por fazerem parte de um mesmo processo denominado de significação. Significação se refere ao que as coisas querem dizer ou aquilo que alguma coisa significa (ZANELLA, 2003, p. 71).

Para Vygotsky (2001), o significado aparece como sendo o próprio assunto ou conteúdo a que se refere, enquanto o sentido é um resultado do significado, sendo mais amplo do que significado. “é justamente no significado que está o nó daquilo que chamamos de pensamento verbalizado” (VYGOSTKY, 2001 p. 8-9). Para Souza e Andrada (2013) o sentido predomina sobre o significado, já que este representa apenas uma das zonas do sentido a mais estável e precisa, enquanto o sentido é construído por indivíduo e evolui. “Os sentidos são construídos por meio de lembranças, vivências, percepções únicas, singulares e que dependem do contexto em que são despertados”. (SOUZA; ANDRADA, 2013, p.359). Nessa definição, uma palavra adquire um determinado sentido dependendo do contexto em que aparece, podendo alterar o seu sentido em outros contextos. O significado, porém, permanece imutável ao longo de todas as alterações do sentido

Para Vygotsky (1993) as ações adquirem múltiplos sentidos, tornam-se práticas significativas e são desenvolvidas através das relações com os outros sujeitos. As inúmeras perspectivas teóricas encontradas nos estudos demonstram a complexidade que os fenômenos em questão ensejam. (PEREIRA; TOLFO, 2016, p.305)

Nessa visão, sentidos podem ser construídos em cima de algo que não se conhece, mas se assimila por meio da interação social. Podemos usar como exemplo, os temas de Física nuclear; esse assunto, apesar do pouco ou nenhum conhecimento adquirido por parte da maioria da população, costuma produzir, reações de medo, susto ou preocupação. Então, mesmo que um adolescente, atualmente ouça sobre isso, estará com um pensamento formado de que isso é prejudicial a ele. Essa reação, exemplifica o sentido mais generalizado que a maioria da população desenvolveu. Porém, o significado da Física nuclear não é esse, mas a falta de conhecimento prévio antes de desenvolverem um sentido, acaba criando um pré conceito que muitos carregam ao longo da vida e acabam disseminando para as gerações futuras.

O professor precisa, então, por meio de mediação, auxiliar o aluno a ligar o sentido que ele desenvolveu aos significados que o assunto, seja ele qual for, realmente possui. Os significados permitem a comunicação e a socialização de nossas experiências, são conteúdos mais fixos, estáveis, compartilhados, apropriados pelos sujeitos, configurados por meio de suas próprias subjetividades. Sendo por meio dos significados que atribui a determinados assuntos que sua opinião sobre eles será moldada.

4.3 Proposta alternativa para as aulas de Física

A teoria de Vygotsky se apresenta como uma alternativa válida para a sala de aula, pois não requer de materiais de apoio específicos aos quais professor não tenha acesso, já que esta trata basicamente de uma mudança na organização da aula, principalmente na postura do docente. O professor que, ao ensinar, o faz de maneira participativa, dialogada, onde os alunos têm liberdade para expor suas ideias, acaba por proporcionar um ambiente favorável a apropriação dos conceitos e fenômenos físicos. Vários outros educadores têm defendido propostas semelhantes:

[...]o educador que se limita a transmitir um programa de ensino ou que procura adaptar a inteligência do educando aos códigos ou modelos pré estabelecidos do saber e não faz de seu ensino um meio de favorecer e desenvolver a reflexão de educando, só é educador por eufemismo. (JAPIASSU; 1983, p. 45)

Enquanto nas salas de aula mais tradicionais e puramente expositivas, em que professor valoriza suas ideias, não permitindo discussões com opiniões diferentes sobre o tema abordado; em uma aula dialogada, durante o processo de aprendizado, opiniões, teorias e hipóteses acerca do fenômeno em questão vão surgindo, assim como ocorreram no desenvolver da ciência e vão sendo

discutidas e até mesmo suprimidas no desenvolver da aula. Mostrando dessa forma o desenvolvimento da ciência como realmente acontece e não como uma verdade imutável, que acaba sendo a sensação obtida pelos alunos na maior parte das aulas atualmente

A presença do debate nas salas de aula é um avanço nas relações sociais, pois permite um confronto entre diferentes opiniões a respeito do objeto de ensino. Essas discussões podem ocorrer entre os alunos e o professor ou entre os próprios alunos, mediados pelo professor. Se a opção for a primeira, é parte da função do professor conduzir a atividade de maneira a manter o foco no assunto discutido, sem desmerecer as opiniões dos alunos, mas questionando as proposições mais duvidosas. Caso o debate ocorra entre aluno e professor, este último continua com a função de não permitir dispersões quanto ao assunto, mas deve se manter neutro, de maneira que os próprios alunos consigam eliminar as teorias mais absurdas.

Nessa visão de ensino, as práticas pedagógicas têm como objetivo, não somente transmitir o conteúdo, mas fazer isso de maneira a ultrapassar o limite da informação e que venha contribuir efetivamente para a formação desses indivíduos.

É essa mudança no conceito de ensinar Física que se faz necessário estabelecer no processo educacional, rompendo com uma visão de ensino que está comprometido com uma formação que vai além da acadêmica, favorecendo também no desenvolvimento como indivíduo inserido em um meio social. É no ensino voltado para a realidade dos alunos que se acredita estar a possibilidade de a Física perder o seu caráter de mero componente curricular, ou seja, desligado da realidade, permeado de problemas fictícios, da qual a maioria dos alunos fugiria se fosse possível.

Levando em consideração esses aspectos, acabamos por concluir que na intenção de construir o conhecimento dos conceitos envolvidos na Física nuclear, são fatores importantes: o conhecimento de como os estudos nessa área da Física se iniciaram, os motivos por trás deles, o que os impulsionou, os diversos cientistas envolvidos, a evolução do próprio conhecimento da Física nuclear e suas aplicações. Esses fatores, contribuem para o desenvolvimento dos significados e sentidos adquiridos durante as aulas. Por esse motivo, resolvemos adotar na elaboração da sequência didática elaborada para esse trabalho, uma abordagem histórica. Buscamos propiciar aos estudantes uma visão do desenvolvimento dos conhecimentos sobre Física Nuclear, dentro do contexto social e político em que aconteceram e com auxílio do professor possam refletir sobre os resultados desses estudos e aplicações na sociedade atual. Com isso temos a intenção de auxiliar os estudantes na busca do significado da Física Nuclear e no desenvolvimento de novos sentidos para a mesma.

5 HISTÓRIA E FILOSOFIA DAS CIÊNCIAS NO ENSINO

Neste capítulo falaremos da presença da história e filosofia das ciências na vida acadêmica dos estudantes em geral, durante a educação básica e superior. As possíveis contribuições que seu ensino pode fornecer para os discentes de todas as etapas do ensino e ainda seu papel no ensino de ciências.

5.1 Introdução

Ao tratarmos da História e Filosofia da Ciência, nos deparamos com um vasto campo de estudos e pesquisas filosóficos e historiográficos, que vem construindo, ao longo dos anos, suas bases teóricas. Para além do desenvolvimento das próprias áreas citadas, aquilo que é desenvolvido nesses estudos sobre a ciência tem implicações também para o ensino dela.

É notório verificar que nas últimas décadas a pesquisa em ensino de ciências têm evidenciado o grande valor da HFC no processo de ensino e aprendizagem das ciências. Podemos observar isso pela crescente presença da mesma nos livros-texto da educação básica, no grande número de artigos publicados em revistas especializadas da área e também nos eventos e congressos destinados ou que destinam espaços específicos para essa temática.

Michael Matthews, pesquisador com ampla experiência em pesquisa em história e filosofia da ciência, publicou em uma revisão detalhada sobre o histórico de propostas para a inserção da HFC no ensino em diversos países de língua em inglesa, tais como Austrália, Inglaterra e EUA. Argumentou que essa é uma tendência bastante oportuna, devido “à crise do ensino contemporâneo de ciências, evidenciada pela evasão de alunos e de professores das salas de aula bem como pelos índices assustadoramente elevados de analfabetismo em ciências” (Matthews, 1995, 164).

André Martins (2007, p. 114), pesquisador brasileiro interessado em contribuições da HFC para o ensino de ciências, cita que vários aspectos teóricos são trabalhados a partir do campo da HFC, dentre eles:

a fundamentação de modelos de ensino e aprendizagem (p. ex.: o Modelo de Mudança Conceitual – MMC – de POSNER et al., 1982); o estabelecimento de críticas às perspectivas colocadas por esses modelos (p. ex.: críticas de VILLANI, 1992; MORTIMER, 1995, 2000, ao MMC); o questionamento de bases teóricas do construtivismo (p. ex.: MATTHEWS, 1994; OGBORN, 1997; GEELAN, 1997; MARÍN MARTÍNEZ et al., 1999; LABURU; CARVALHO, 2005). Já do ponto de vista mais prático e aplicado, a HFC pode ser pensada tanto como conteúdo (em si) das disciplinas científicas, quanto como estratégia. Diversos autores convergem nessa direção, defendendo e expondo razões para a presença da HFC nas salas de aula dos diversos níveis de ensino (p. ex.: ZANETIC, 1990; GIL PÉREZ, 1993; MATTHEWS, 1994; VANNUCCHI, 1996; PEDUZZI, 2001; ELHANI, 2006; MARTINS, 2006).

Contudo, será que existe algum tipo de consenso sobre a presença da história e filosofia das ciências nos currículos da educação básica e/ou da formação de professores? Ou sobre como deve ser utilizada? Como os professores enxergam a utilização da HFC no ensino? Quais os principais obstáculos a serem enfrentados, na visão dos professores, para trabalhar a HFC no ensino?

5.2 Contribuições da HFC na educação básica

O conhecimento sobre HFC é importante para a compreensão da ciência de forma mais ampla, isso devido à importância da ciência nos dias de hoje para a humanidade. O conhecimento sobre a história e filosofia da mesma, se faz necessário ainda na intenção de formar cidadãos atentos e críticos a realidade.

A ideia de que conhecer o passado é importante para a compreensão do presente, é aceita em diversas esferas da sociedade, mas somente nas últimas décadas vem ganhando espaço no ensino de ciências. A concepção da importância da História e Filosofia da Ciência para a formação científica começou então a ser disseminada, no Brasil.

A história, a filosofia e a sociologia da ciência... podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tornar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do “mar de falta de significação” que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas. (MATHEWS, 1995, p.165)

O objetivo ao se ensinar não deve ser apenas transmitir informações, mas contribuir para que o aluno construa um entendimento de como o mundo ao seu redor funciona. Com isso, temos a intenção de tornar o ensino benéfico não apenas durante a vida acadêmica, mas também fora dela, na vida em sociedade. Favoreceríamos assim a construção do caráter e da cidadania, para que os alunos de hoje, não se tornem alienados, ou seja, desinformados quanto a questões importantes para a sociedade e ainda incapazes de opinar por falta de conhecimentos e/ou informação.

Nossa experiência de professores e de pesquisadores no ensino de segundo grau tem demonstrado que não podemos estar só preocupados com o aprendizado dos conceitos pelos conceitos. Muitas vezes a preocupação excessiva com o entendimento de como os alunos aprendem os conceitos pode levar ao esquecimento do porquê se deve aprendê-los. Nesse sentido, é fundamental que os estudantes percebam o conhecimento como uma construção de homens inseridos na História. (GUERRA; REIS; BRAGA, 2007, p.34)

A utilização da HFC é defendida como uma ferramenta que auxilia na compreensão de conteúdos específicos. Contudo, a História das Ciências, por si só, já é um conteúdo de suma importância que auxilia na compreensão dos processos da Ciência. Não podemos afirmar que uma compreensão bem fundamentada é necessariamente histórica, mas esta torna possível relacionar, os problemas e/ou necessidades que levaram ao desenvolvimento dos saberes científicos. Dessa maneira, defendemos que o papel da história e filosofia da ciência não seja apenas introdutório, mas essencial no contexto educacional.

Espera-se que o ensino de Física, na escola média, contribua para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas (BRASIL, parte III, 2000, p. 24).

Ao utilizar no ensino de Física a História dela, proporciona-se uma formação mais completa, propiciando uma contextualização dos assuntos abordados. Isso pode fazer com que o estudante se dê conta de que as descobertas não são feitas por acaso e que as teorias não são desenvolvidas em questões de segundos, nem são imunes a falhas. Além disso, pode possibilitar uma visão por parte do aluno de que ele mesmo pode “fazer” ciência. Ainda permite que os estudantes percebam a presença dessa ciência na história e no cotidiano da humanidade no decorrer dos anos, auxiliando para que eles vejam a importância da Física e que essa não é apenas uma matéria escolar isolada da realidade.

Ao inserir conteúdo histórico nas aulas de Física, é possível fazer com que o estudante enxergue além das descobertas científicas e suas aplicações no cotidiano, possibilitando que esse vivencie os dilemas morais e éticos com os quais alguns cientistas tiveram que lidar. A História da Ciência possui ainda a capacidade de despertar o interesse e curiosidade, na maioria dos estudantes, de acordo com “Muitos alunos estariam, atualmente, melhor formados para sua vida se lhes houvesse sido ensinado um pouco menos de Ciência como tal e um pouco mais sobre a Ciência” (Stiefel, 1995, p. 19-22).

Esta é ainda uma área interdisciplinar, que engloba vários campos de pesquisa do conhecimento. Sua presença nas aulas pode significar uma maior compreensão do mundo que nos cerca e como este está interligado em diversos aspectos, como sua evolução e desenvolvimento estão relacionados com o desenvolvimento das

5.3 A presença da HFC nas salas de aula

Quando abordamos este tópico, nos deparamos com diversos questionamentos, um deles é: a HFC está realmente nas salas de aula? Atualmente são muitos trabalhos fundamentados em HFC ou que a utilizem como estratégia. Contudo, veremos que apesar do crescente número de trabalhos poucos são utilizados nas salas de aulas, Martins (2007) entrevista alguns professores e futuros professores e questiona sobre as dificuldades da inserção de elementos da HFC nas salas de aulas. As principais respostas foram:

- A falta de material didático adequado;
- A pouca presença desse tipo de conteúdo nos livros existentes.
- O currículo escolar, voltado para os exames vestibulares;
- Os conteúdos exigidos pelas escolas.
- O pouco tempo disponível para isso.

Sobre as dificuldades citadas no trabalho de Martins (2007), com base em nossa experiência como professores e pesquisadores nos últimos anos, podemos dizer que a presença nos livros didáticos e outros materiais de apoio, com o passar dos anos, melhorou bastante. No entanto, na maioria dos livros a HFC, ainda é apresentada como tópico de curiosidade e não inserida no conteúdo. Por outro lado, com o crescente número de trabalhos, vários inclusive disponíveis na internet, a utilização se tornou muito mais fácil hoje do que era em 2004 (ano em que a pesquisa foi realizada).

Em relação aos conteúdos e currículo escolar, esses infelizmente não sofreram muitas alterações. Na prática, infelizmente se mantém a cobrança por maiores notas em provas de avaliações externas que pouco analisam o real conhecimento do estudante. Como professores, é nossa obrigação disponibilizarmos o melhor ensino possível para os nossos alunos com aquilo que temos e não simplesmente nos adaptarmos ao sistema, aceitando suas falhas. Contudo a HFC, não é necessariamente relacionada um conteúdo extra, ela já faz parte dos conteúdos abordados. Em relação ao pouco tempo disponível para isso, infelizmente devido à pouca quantidade de aulas de Física, tempo é realmente uma questão problemática, pois ao trabalhar com a HFC, gasta-se mais tempo, geralmente na elaboração de aulas e também devido a maior participação dos alunos nas mesmas, o que pode gerar maiores benefícios do que problemas, por isso acreditamos que esse apesar de ser um trabalho árduo vale a pena.

Apesar das dificuldades o aumento da HFC nas salas de aulas já é notado. Em eventos como o SNEF, EPEF e ENPEC vemos cada vez mais relatos de tentativas de usar a HFC efetivamente no ensino médio e na formação inicial de professores, o que mostra que mesmo que aos poucos, essa barreira tem sido vencida. Por isso é possível sim encontrarmos a HFC nas salas de

aula durante o dia a dia escolar. Sua presença se torna ainda mais fácil por não ter como requisito nenhum material que não faça parte da realidade das escolas. Seja sendo usada como uma curiosidade, utilizada para atrair a atenção do aluno ou em uma aula fundamentada.

No entanto, ao se inserir HFC nas salas de aula alguns cuidados devem ser tomados para a implementação desta, apesar de todos os aspectos favoráveis à inserção dos tópicos de História e Filosofia das Ciências no ensino. Forato (2009) constata que alguns conteúdos históricos presentes em livros didáticos relatam uma história da ciência distorcida, promovendo assim uma visão distorcida e/ou equivocada, na tentativa de tornar a história mais interessante. A mesma autora, em um trabalho anterior exemplifica esse tipo de situação, por meio do que ocorre muitas vezes ao se abordar a história de Newton. “Muitos aspectos de sua doutrina científica são tratados nos livros didáticos e, muitas vezes, vêm acompanhados de relatos fantasiosos a seu respeito, como a “lenda da maçã””(Forato 2007, p.4).

Esse ponto acaba por dividir muito as opiniões, alguns historiadores, acreditam que seja inaceitável, enquanto alguns especialistas veem como solução para atrair a atenção mais facilmente e tornar a história divertida. Não estamos em nenhum momento falando que o professor pode ou não usar esse tipo relatos, mas acreditamos fielmente que se for fazê-lo deve deixar bem claro que esses são fantasiosos para os alunos, para não causar nenhum tipo de mal-entendido.

Essa divisão de opinião nos traz a outra dificuldade: como apresentar esses conteúdos de HFC, como introdução, como muitos fazem, apesar de já ser de alguma valia, acreditamos que não seja suficiente devido ao potencial e importância que a HFC possui no processo de ensino de Física. Por isso é mais interessante inseri-la no decorrer da aula, agora uma outra possível dificuldade é maneira para se fazer isso. Já que a utilização da história e filosofia da ciência é possível em qualquer aula, seja ela expositiva, dialogada ou experimental, podendo ser usada em conjunto com diferentes teorias de aprendizagem, tendo ou não acesso a tecnologias, ou materiais diferenciados. A questão de como usar a HFC nas aulas fica a cargo do professor, afinal ele sabe o que mais agrada aos seus alunos. Mas este deve se atentar para alguns cuidados, para não tornar a aula mais desestimulante do que interessante, assim como em qualquer aula e pesquisar profundamente antes para não passar informações errôneas para os estudantes.

6 A CONSTRUÇÃO DA PEÇA TEATRAL

Neste capítulo, descrevemos como se deu a elaboração da peça teatral “Encontro com o Passado”, desenvolvida para ser utilizada nesse trabalho, na intenção de auxiliar no processo de ensino aprendizagem dos conceitos de Física Nuclear.

6.1 Introdução

Após a decisão de utilizar a HFC para abordar os conteúdos de Física nuclear, dentre eles: radiação e radioatividade, fissão nuclear e energia nuclear; pelos motivos já citados neste trabalho, era preciso decidir de que forma os assuntos seriam abordados e/ou introduzidos em alguns casos. Havia, diferentes possibilidades. Dentre elas, a que mais se destacava, era a utilização de textos. Pois, dessa forma, além de auxiliar no aprendizado dos conceitos, auxilia também no desenvolvimento das habilidades de leitura por parte dos estudantes.

Por esse motivo, procuramos textos históricos voltados para o assunto. Contudo, a maioria dos textos encontrados, além de serem razoavelmente extensos, o que pensamos que não agradaria a maioria dos adolescentes, utilizavam uma linguagem menos informal do que queríamos. Por isso surgiu a ideia de construir textos sobre os temas propostos. A ideia de utilizar um texto teatral, em vez de textos expositivos, surgiu após a leitura da peça Copenhague de Michael Frayn.

6.2 A peça Copenhague

A peça de Michael Frayn, intitulada Copenhague ⁹, é um diálogo pós-morte entre Niels Bohr, Werner Heisenberg e Margrethe Norlund. Os personagens, conversam lembrando acontecimentos que ocorreram enquanto estavam vivos e que os marcaram. Alguns exemplos são: como Bohr e Heisenberg se conheceram, a morte do filho de Bohr e Heisenberg, as pesquisas e descrição sobre a personalidade deles também aparecem na peça. Essa por sua vez retrata principalmente um encontro que aconteceu entre Bohr, Margrethe e Heisenberg, em 1941, na cidade de Copenhague, durante a Segunda Guerra Mundial. A conversa ocorreu, pois, Heisenberg pediu um encontro com Bohr, para falar sobre um assunto desconhecido e a peça surge em cima disso, qual seria o assunto? Afinal Heisenberg era alemão e trabalhava para os nazistas enquanto Bohr estava em um país invadido pelos alemães e contra o nazismo. O autor então traz uma possível versão para a conversa, sugerindo que no encontro, os cientistas conversaram sobre a construção da

9CARDOSO, L. F. M. Versão brasileira da peça de teatro Copenhague (de Michael Frayn) para fins didáticos, Revista Hipótese, Itapetininga, v. 1, n.1, p. 109-174, 2015.

FRAYN, M. Copenhague. New York: Anchor Books Original, 2000.

bomba atômica, do ponto de vista de Heisenberg e também de Bohr e ambos falando sobre o que aconteceu com eles após suas atitudes durante a guerra. Essa conversa costuma gerar bastante curiosidade do público em geral, já que seu conteúdo real é desconhecido. O que sabemos, com certeza, é que após esse encontro, Bohr e Heisenberg romperam a grande amizade que havia entre eles.

O contexto histórico, da peça traz as tensões vividas durante a Segunda Guerra Mundial, na qual os personagens colaboraram para lados opostos, sendo Heisenberg aliado da Alemanha e Bohr aliado dos EUA. O texto, já encenado tantas vezes, traz ainda comentários sobre as áreas de estudo de ambos os cientistas e sobre o Princípio de Incerteza, estudado por Heisenberg.

6.3 Processo de construção do texto teatral para a sequência didática

[...]essa temática [de associar ciência e arte] volta a ter força teórica e prática envolvendo os mais variados aspectos e conteúdos, ora enfatizando a presença da ciência na literatura, ora analisando possíveis previsões científicas praticadas por grandes escritores: os escritores com veia científica e os cientistas com veia literária. Um exemplo recente é a proliferação de textos para teatro que abordam temas relacionados à Física, como é o caso das peças Einstein e Copenhagen, que alcançaram sucesso no Brasil na interpretação do grupo “Arte e Ciência no Palco”. (ZANETIC,2006, p.57)

O processo de construção do teatro para ser utilizado na sequência didática, para o estudo de tópicos da Física Nuclear, foi iniciado a partir da escolha de como a peça seria escrita. Foi escolhido o diálogo, por se apresentar como uma opção viável para retratar acontecimentos e conversas entre os personagens.

Levando em consideração os assuntos que pretendíamos abordar, sobre Física Nuclear: radiação e radioatividade, fissão nuclear, energia nuclear e aplicações da Física Nuclear no mundo moderno, dividimos o texto teatral em partes, como atos, para que cada parte fosse utilizada na aula respectiva ao assunto abordado no texto.

Como personagens, foram escolhidos cientistas que trabalharam com Física Nuclear, durante o período da Segunda Guerra Mundial e que ocuparam lados opostos na guerra. Isso foi feito para permitir que os alunos obtivessem diferentes visões sobre os acontecimentos históricos, relacionados de alguma forma com os assuntos abordados nas aulas. Escolhemos, então, os cientistas Bohr, Heisenberg, Oppenheimer, Enrico Fermi, Lise Meitner e Otto Hahn e ainda a esposa de Bohr, Margrethe. Essa escolha se deu devido ao papel de cada um nos temas abordados, mas também por serem célebres cientistas que são pouco conhecidos, fora da academia. Outro motivador para escolha foram as diferentes questões éticas e morais com as quais tiveram que lidar.

Contudo, após a escolha dos personagens, surgiu uma indagação de como fazer interações entre eles, sem precisarmos mudar aspectos importantes na história, já que isso poderia causar dúvida e/ ou confusão para os alunos. Para isso, foi utilizado o mesmo recurso de Michael Frayn, uma conversa pós-morte. Dessa forma, deixamos bem óbvio que essa parte foi uma criação do autor, ainda dando liberdade para os alunos durante a encenação, pois podem interpretar, fantasmas, zumbis, ou as pessoas em seu estado normal, de acordo com a imaginação e seu interesse.

Para os profissionais da história da ciência, características como a profundidade do estudo, o rigor histórico e a preocupação com distorções são essenciais para a qualidade das pesquisas. Já no ensino de ciências, há o desafio de apresentar os casos históricos com maior extensão do que profundidade para permitir aos alunos um primeiro contato mais superficial e abrangente de cada período histórico, uma vez que o tempo didático disponível é muito menor para o aluno do que o tempo de pesquisa do historiador profissional. (BAGDONAS; ZANETIC; GURGEL; 2014 p.254)

Por esse motivo, na escrita do texto teatral, como autora me mantive fiel aos acontecimentos históricos mais significativos. Contudo, em alguns momentos tomamos maior liberdade, durante a escrita, na intenção de tornar a leitura mais atrativa para os estudantes, assim como o enredo do teatro, para a apresentação do mesmo também ser interessante. Levando isso em consideração, durante a utilização do texto teatral, esclarecemos para os estudantes que apesar de a maior parte do trabalho ser baseado em acontecimentos reais, nem todos os trechos o eram. Essa escolha foi feita de maneira que não comprometesse o aprendizado dos estudantes e na intenção de obter ao final uma peça teatral de cunho histórico e não um texto de caráter informativo apenas.

Essa decisão foi tomada levando em consideração o que queríamos ensinar aos alunos e como fazer isso, sem que se tornasse uma leitura densa, muito extensa e ainda interessante, de forma a incentivar que o estudante tente aprender mais por si próprio, até mesmo fora do ambiente escolar.

Para a construção do teatro, no entanto, foi necessária muita pesquisa, feita por meio de materiais para auxiliar na construção do texto teatral, mas também de trabalhos que permitissem conhecer mais sobre a história da Física nuclear, para isso foram utilizados:

artigos: Teatro como ferramenta de aprendizagem da Física de problematização da natureza da ciência (2010)¹⁰; Einstein, a Física moderna e o desenvolvimento da bomba atômica: Uma peça teatral como ferramenta sócio-histórica-cultural no ensino de Física. (2015)¹¹:

10 MEDINA, M; BRAGA, M. Teatro como ferramenta de aprendizagem da Física e de problematização da natureza da ciência. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 27, n. 2: p. 313-333, ago. 2010.

11 BALDOW, R; JÚNIOR, E. S. Einstein, a Física moderna e o desenvolvimento da bomba atômica: Uma peça teatral como ferramenta sócio-histórica-cultural no ensino de Física. História da Ciência e Ensino: construindo interfaces, v. 12, p. 49-61, 2015.

biografias e ou trabalhos sobre: Enrico Fermi¹², Lise Meitner¹³, Margrethe Norlund, Niels Bohr¹⁴, Otto Hahn¹⁵, Robert Oppenheimer¹⁶ e Werner Heisenberg¹⁷.

- livros: *Dos Raios-X aos Quarks*¹⁸ (1987), *Aplicações da Energia Nuclear na Saúde*¹⁹ (2017) e *Historia de la Física*²⁰.

Apostilas: Apostila Educacional: *A História da Física Nuclear*²¹, *Aplicações da Energia Nuclear*²², *Radiações Ionizantes e a Vida*²³.

Outros trabalhos: *Lise Meitner e Otto Hahn; a história da Fissão Nuclear*²⁴ (2006), Filme *Copenhagen*²⁵ (2002), peça teatral *Copenhagen*²⁶ (1997).

Essas fontes, envolvendo os acontecimentos da época, em relação à política, ciência, sociedade, a relação entre os personagens e outros cientistas citados no texto, tais como: a. Como em nossas pesquisas encontramos várias referências de encontros na casa do Bohr, resolvemos fazer com que essa conversa pós-morte também fosse em sua casa em Copenhagen.

A primeira parte do teatro faz uma introdução à Física Nuclear e as tensões que Lise Meitner e Otto Hahn enfrentaram durante a Segunda Guerra Mundial, por meio de uma conversa entre Bohr, Heisenberg, Oppenheimer e Enrico Fermi e pequenas participações de Margrethe, tendo como fundo os projetos atômicos de ambos os lados da guerra. Na segunda parte, continuam os mesmos

12 Nobel Prize.org – The Official Web Site of the Nobel Prize. Enrico Fermi Biographical. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1938/fermi/biographical/> Acessado em: 09/08/2017

13 Sime, R. Lise Meitner: a 20th century life in physics. Endeavour. 26. 27-31. 10.1016/S0160-9327(00)01397-1. (2002)

14 Nobel Prize.org – The Official Web Site of the Nobel Prize. Niels Bohr Biographical. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1922/bohr/biographical/> Acessado em: 09/08/2017

15 Nobel Prize.org – The Official Web Site of the Nobel Prize, Otto Hahn Biographical. Disponível em: <https://www.nobelprize.org/prizes/chemistry/1944/hahn/biographical/> Acessado em: 10/08/2017, às 22:00

16 Kojevnikov, A. The making of the Soviet bomb and the shaping of Cold War science. *Reappraising Oppenheimer: Centennial Studies and Reflections*, p. 129-45, 2005.

17 Nobel Prize.org – The Official Web Site of the Nobel Prize. Werner Heisenberg biographical. Disponível em: https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/physics/laureates/1932/heisenberg-bio.html Acessado em 15/10/2016 às 23:45.

18 SEGRÈ, E. **Dos Raios-X aos Quarks**. Trad. de Wamberto H. Ferreira. Brasília, Editora Universidade de Brasília, 1987.

19 CARVALHO, R. P.; OLIVEIRA, S. M. V. **Aplicações da energia nuclear na saúde** – São Paulo: SBPC; Viena: IAEA, 2017. Disponível em : http://portal.sbpnet.org.br/livro/energianuclearna_saude.pdf.

20 SCHURMANN, P. F. *Historia de la Física*. Tomo 1, 2ª ed. Buenos Aires: Editorial Nova, s/d.

21 SOUZA, C.; MACHADO, L.; SAINT'CLAIR, A. P.; BRAZ, L. C.; *História da Energia Nuclear*. Rio de Janeiro (s/d) Comissão Nacional de Energia Nuclear.

22 CARDOSO, E. M. *Aplicações da Energia Nuclear*. Rio de Janeiro (s/d) Comissão Nacional de Energia Nuclear.

23 NOUAILHETAS, Y. *Radiações Ionizantes e a Vida*. Rio de Janeiro (s/d) Comissão Nacional de Energia Nuclear.

24 NUCLEAR, Lise Meitner e Otto Hahn; a história da Fissão. Direção de Rosemarie Reed. Estados Unidos da América: Rosemarie Reed Productions, LTD , 2006. DVD (60min)

25 COPENHAGEN. Direção de Howard Davies. Inglaterra: PBS Hollywood Presents, 2002. DVD (150 min).

26 FRAYN, M., *Copenhague*, New York: Anchor Books Original, 2000.

personagens, agora comentando e conversando sobre o estudo da radiação e radioatividade, e falando sobre alguns dos cientistas que trabalharam com esse tema especificamente. A terceira parte do texto teatral, fala sobre a fissão nuclear e nesse momento entram na conversa os outros dois personagens restantes, que foram de grande importância no estudo da fissão Otto Hahn e Lise Meitner. Essa trazendo ainda uma visão de como era para as mulheres cientistas na época, os preconceitos e dificuldades enfrentadas. A quarta parte do teatro, fala sobre as aplicações da Física nuclear, citando exemplos e as evoluções dessas aplicações com o passar dos anos.

Todo o texto foi escrito, utilizando uma linguagem simples e de fácil compreensão para os alunos. “O teatro, sendo um instrumento de comunicação por excelência, pode ter um papel muito importante na formação da opinião pública e a ciência abrange um variado rol de assuntos passíveis de serem representados de uma maneira interessante, divertida e agradável” (MEDINA, 2010, p. p.317), os autores ainda reforçam o teatro como facilitador para transmissão de informação, dessa forma podendo levar a ciência de maneira mais divertida e simples para todos. O texto teatral, desenvolvido para a sequência didática, possui um foco principal nos aspectos históricos que serão trabalhados posteriormente durante as aulas e introduz os conceitos de Física Nuclear que também serão abordados no decorrer da sequência didática.

Alguns detalhes sobre o teatro merecem destaque e atenção especial, tanto para a leitura quanto para encenação. No início do texto, mais precisamente o primeiro parágrafo é para ser lido por um narrador observador, ou seja, que não seja um dos personagens. Durante o texto, é possível encontrar em algumas falas dos personagens, trechos que estão dentro de parênteses, essa foi a forma que encontramos para representar pensamentos dos personagens durante a conversa. Ainda no decorrer do texto tem alguns trechos intitulados lembrança seguido pelo nome do personagem a qual essa corresponde. As lembranças, foram informações que durante as pesquisas achamos interessante e que mereciam destaque, as informações apresentadas nas lembranças são verdadeiras.

O texto teatral para a encenação foi elaborado de forma que os atores (estudantes) tenham liberdade para usar a criatividade para o cenário e a forma que representarão os personagens, já que o texto trata uma conversa pós-morte dos personagens.

6.4 Texto teatral Encontro com o passado

PARTE I

Após a morte destes célebres cientistas, quando as divisões e brigas iniciadas pela Guerra já não fazem mais sentido, os segredos, até então guardados, já não podem mais interferir nos acontecimentos. Um encontro é marcado. Repetindo em morte algo comum em suas vidas, por muitas vezes, estes que faziam parte dos maiores nomes de uma geração, juntavam-se para trocar

ideias e conversar. Mentas brilhantes, que possuem agora uma chance de reparar ou não as amizades, de compreender aqueles que certa vez foram considerados amigos. No mesmo local, por onde tantas vezes caminhavam enquanto discutiam Física e que ficou conhecido por uma das conversas mais misteriosas e especuladas da segunda guerra, Copenhague, é anunciada a Bohr a chegada de Robert Oppenheimer e Enrico Fermi.

- Robert Oppenheimer – Bohr, meu caro há quanto tempo.
- Niels Bohr – Tempo demais realmente, vocês vieram juntos?
- Enrico Fermi – Sim, nos encontramos pelo caminho. Como você está Bohr?
- Niels Bohr – Bem, apenas um pouco introspectivo mas digam-me o que fazem aqui?
- Margrethe Norlund – Eu os chamei, achei que precisava de companhia. (Diz sorridente)
- Niels Bohr – Devemos esperar a chegada de mais alguém?
- Margrethe Norlund – (Sei que nenhum dos três vai gostar, mas era necessário, faz tempo que vejo Bohr se correndo e creio que isso pode ajudá-lo, a todos eles na verdade). – Na verdade sim, tem mais uma pessoa chegando.
- Niels Bohr – Quem?
- Margrethe Norlund - (É a hora da verdade) Heisenberg.
- Niels Bohr – O que te faz pensar que eu o quero aqui?
- Margrethe Norlund – Você tem que deixar o passado para trás e esquecer, não sei o que aconteceu anos atrás, quando ele te visitou mas precisa superar, vocês eram como pai e filho.

LEMBRANÇA DE BOHR (1922, durante uma palestra que estou apresentando, um jovem desconhecido, Werner Heisenberg, pediu a palavra e expôs algumas de suas ideias, que não consigo rebater, que me deixam encabulado, após a conferência, tornamo-nos amigos, mas principalmente como pai e filho).

- Robert Oppenheimer – Acho que é melhor eu ir embora, não é uma boa ideia que eu esteja aqui quando ele chegar.
- Niels Bohr – (Não vai ser um encontro fácil, talvez só talvez seja mais fácil que o famoso encontro de Copenhague). Creio que Margrethe tenha razão, todos nós temos que resolver nossas desavenças de uma vez por todas. Afinal éramos amigos antes de tudo aquilo começar.
- Margrethe Norlund – (Nenhum deles vai admitir isso agora, mas todos aparentam precisar disso, um tipo de redenção)

A chegada de Werner Karl Heisenberg

- Margrethe Norlund – (Ainda hoje, depois de todo esse tempo, ele me parece derrotado). Olá! Eu o abraço. Venha, venha... estão todos lá dentro.
- Heisenberg – Olá, Margrethe, quanto tempo. (Ela não parece me odiar)

- Margrethe Norlund – Fico muito feliz que tenha aceito o convite. (Ele mudou tanto, os anos obviamente passaram para todos nós mas para ele parecem ser difíceis).
- Heisenberg – E eu em aceitá-lo, apesar de surpreso. (Achei que nunca mais voltaria aqui).
- Margrethe Norlund – Não faz sentido continuarmos com brigas passadas. (Já não faz nenhuma diferença, estamos mortos afinal, a guerra tirou muito de todos)
- Margrethe Norlund – Bohr, Heisenberg chegou. Vou deixá-los a sós por alguns instantes, já retorno.
- Heisenberg – Olá cavalheiros, Bohr não posso expressar minha felicidade pelo convite. Não sabia, no entanto, que vocês estariam aqui.
- Enrico Fermi – Nem nós que você viria, mas como Margrethe disse, as brigas passadas não parecem mais fazer sentido.
- Robert Oppenheimer – Diga isso por você apenas, eu ainda não acredito no que foi capaz de fazer.
- Niels Bohr – Vamos todos nos acalmar e conversar, fazia tempo que não nos reuníamos todos. Fico feliz que esteja aqui Heisenberg, apesar de ser uma surpresa para mim também.
- Heisenberg – Obrigado Bohr! Agora meu caro Oppenheimer, diga me como pode falar assim de mim se fez o mesmo, na verdade não, não foi o mesmo, você fez pior.
- Robert Oppenheimer – Como se atreve?
- Enrico Fermi – Realmente, muita audácia de sua parte. Nós estávamos nos defendendo, vocês deram início a tudo. Você os apoiou.
- Heisenberg – Eu não tinha escolha
- Robert Oppenheimer – Sempre temos uma escolha. (Eu sei bem disso, sei ainda que essas escolhas podem nos assombrar, mas não darei a ele o gosto de saber disso o que me leva a pensar).
- Niels Bohr – Vamos nos acalmar por favor, todos nós escolhemos e já temos que lidar com nossas escolhas. Não temos direito de julgar uns aos outros.
- Enrico Fermi – Sejamos realistas Bohr, nada daquilo seria necessário se os nazistas não tivessem começado, como eles se chamavam mesmo?
- Robert Oppenheimer – O clube do Urânio
- Heisenberg – Sabem que eu nunca concordei com eles. Bohr ao menos você tem que acreditar em mim.
- Niels Bohr – Eu acredito que você não era nazista, nem dividia o mesmo ideal que eles. Mas você realmente os ajudou.
- Heisenberg – Ajudei? Eu por acaso fiz com que eles lançassem uma bomba nuclear?
- Robert Oppenheimer – Não, pois você obviamente liderou toda sua equipe muito mal.

- Niels Bohr – Não vamos por este caminho Oppenheimer, nenhum de nós quer isso.
- Enrico Fermi – O que quer dizer com isso?
- Heisenberg – Bastante óbvio não, Fermi? Que a liderança de Oppenheimer, fez com que vocês alcançassem o sucesso.
- Heisenberg – Um sucesso, que levou a morte de milhares de inocentes.
- Enrico Fermi – Estávamos em guerra, graças a vocês!
- Robert Oppenheimer – (Não é possível que ele vá me culpar). Sabe que eu me arrependi, quando vi o que a Trinity, podia fazer.

LEMBRANÇA OPPENHEIMER (No deserto de Novo México, em Los Alamos, em julho de 1945. Um objeto é colocado em cima da torre e vários cientistas observando, se não fosse o exército aqui presente, poderia pensar que é uma conferência, então vem a ordem e em seguida a explosão mais tenebrosa que já vi, todos nós tiramos o olho daquela horrenda situação, exceto um)

- Niels Bohr – Creio que todos nós nos arrependemos em algum momento. (Eu sei que eu sim e muito, apesar de termos ganho a guerra).
- Heisenberg – Não o suficiente ou rápido o bastante para deter aquilo, obviamente.
- Enrico Fermi – Vocês teriam parado? Fariam diferente se alcançassem o objetivo primeiro?
- Heisenberg – Você acha que não fizemos? (E isso me faz parar para pensar nas incansáveis horas em nosso laboratório).
- Margrethe Norlund – (Acho que se eu não intervir agora as coisas só vão piorar.) Rapazes, vamos nos acalmar, por favor
- Heisenberg – Acho que foi um erro eu ter vindo.
- Robert Oppenheimer – É acredito que sim
- Margrethe Norlund – Parem com isso os dois, todos erramos na guerra e todos perdemos com ela... não existe um só culpado e nem um totalmente inocente.
- Heisenberg – Sim, sim, mas Bohr você sabe que eu tentei, certo?
- Margrethe Norlund – (ele parece ainda querer aprovação)
- Niels Bohr – Tentou o que?
- Heisenberg – Tentei te avisar sobre o que estávamos fazendo e que eu estava atrasando tudo.
- Enrico Fermi – Essa é a melhor piada, não espera que acreditemos, não é?
- Margrethe Norlund – (ele está diferente não parece o rapaz calado que ficou aqui durante um ano)
- Robert Oppenheimer – Você não fez isso para parar a guerra, você fez isso pois errou um cálculo, um simples cálculo.

- Niels Bohr – Vamos homens se acalmem... Eu tenho uma lembrança diferente do encontro a que se refere.
- Enrico Fermi – Lógico que tem, você nunca olhou duas vezes para o mesmo problema, se achando muito superior.
- Heisenberg – Vocês olharam várias vezes para o mesmo problema e isso resultou em Trinity, Little Boy e Fat Man
- Robert Oppenheimer – Pare com isso! Já lhe disse que nós nos arrependemos.
- Enrico Fermi – Tanto que tentamos voltar atrás, exceto por raras exceções... Mas o governo não permitiu
- Margrethe Norlund – Assim como foi com Heisenberg
- Heisenberg – Exato, obrigada Margrethe! Mas vocês foram até o fim, apesar de eu propor impedir isso
- Robert Oppenheimer – Não foi o que pareceu
- Niels Bohr – Eu realmente me lembro de outra coisa... me lembro de você falar que a Alemanha ganharia e que a guerra seria vencida por armas nucleares
- Robert Oppenheimer – Isso pelo menos ele acertou...
- Heisenberg – Mas eu queria impedir isso!
- Robert Oppenheimer – Você errou, apenas errou!! Errou ao apoiá-los e errou nos seus cálculos.
- Margrethe Norlund – (isso mais parece uma crucificação, será que eles não se lembram que todos fizeram a mesma coisa?). Agora já chega, vamos nos acalmar e lembrar dos bons momentos.
- Niels Bohr – Margrethe está certa, não devemos continuar com essa briga, já se passaram décadas. Todos erramos, éramos amigos e quem melhor do que um de nós para compreender o outro. Passamos por situações semelhantes.
- Enrico Fermi – Bohr, está certo.
- Robert Oppenheimer – É creio que está. Seria bom ter com quem desabafar.
- Heisenberg – Sim, muito bom.
- Enrico Fermi – Mas o mais importante.
- Niels Bohr – O que?
- Enrico Fermi – Quem diria que o trabalho com algo tão pequeno como um átomo, teria o poder de alterar o rumo da humanidade.
- Robert Oppenheimer – Sim, deveríamos ter previsto isso antes...
- Heisenberg – Sim, deveríamos...
- Enrico Fermi – Tantas desgraças teriam sido evitadas.

- Heisenberg – Mas não podemos voltar ao passado, devemos olhar pelo lado positivo.
- Niels Bohr – Que seria?
- Robert Oppenheimer – Ora, as aplicações da Física Nuclear agora no século XXI, o que mais seria?
- Heisenberg – Exato meu caro, Oppenheimer.
- Enrico Fermi – Eu discordo, olhem só quantos acidentes ocorreram e suas proporções.
- Heisenberg – Como não consegue enxergar?
- Niels Bohr – Olha o caminho pelo qual passamos, para chegar até aqui, não vejo como isso foi bom.

PARTE II – RADIOATIVIDADE

- Robert Oppenheimer – Você acredita que Wilhelm Konrad Röntgen, deveria ter deixado de lado seus estudos ao descobrir o raio x de lado? Afinal foi esta descoberta que serviu como propulsor para as pesquisas da radioatividade
- Heisenberg - Você acha que o estudo do fenômeno pelo qual os núcleos atômicos sofrem transformações e emitem radiações, era algo que deveria ser deixado de lado?
- Enrico Fermi – Claro que não, encontramos outras utilidades para o estudo da radioatividade feitos por Becquerel.
- Robert Oppenheimer – Você não vai e dizer, que acredita que esse fenômeno foi descoberto, acidentalmente, por Henri Becquerel, em 1896?
- Bohr – Porque Becquerel guardou, em uma gaveta, um composto de urânio acompanhado de uma chapa fotográfica, havendo depois revelado a chapa e notado nela os sinais da radiação, chega a ser hilário as pessoas acreditarem nisso.
- Enrico Fermi – É claro que não diria, você me conhece melhor e em nossa época nem cogitávamos essa opção a não ser como uma brincadeira. Sabemos que foi tentando relacionar o raio x com a luminescência.
- Margrethe Norlund – (cansei de escutar por trás da porta esperando que se resolvessem e tenho certeza que meu amado Bohr, está apenas tentando fazer com que eles concordem em algo para juntá-los novamente) desculpe me interromper cavalheiros. Mas não sabia que existia uma relação entre ambos, mas por favor sirvam-se.
- Bohr – E não há, mas foi por acreditar que havia, que Becquerel e tantos outros acabaram estudando intensamente e descobrindo assim a radioatividade, contudo acho errado dizer que Becquerel é o responsável por este estudo.

- Heisenberg – Sim, o estudo de Marie Curie, com o tório e o próprio Urânio, identificando e classificando elementos radioativos, presentes na natureza, também são de suma importância.
- Niels Bohr – Obviamente, e agora sou obrigado a concordar com vocês meus caros. Mas ainda acredito que deveríamos ter seguido por outro caminho, que não fosse armamentista.
- Heisenberg – Creio que nisso todos concordamos, afinal foi por isso que nós assinamos o manifesto antinuclear.
- Robert Oppenheimer – Sabe como me arrependo de toda a destruição que causamos, porém, o estudo da fissão foi importante de outras formas, que não apenas para criar uma arma.
- Heisenberg – Otto ficaria feliz por ouvir isso.
- Enrico Fermi – Otto? Você quer dizer Lise Meitner, não?
- Margrethe Norlund – (lá vamos nós de novo) Rapazes, sabemos que apesar de estarem em lugares diferentes o trabalho foi feito em conjunto.
- Niels Bohr – Exatamente, apesar de tudo, Lise não parou de colaborar com Otto.
- Heisenberg – Sim, mas foi Otto quem descobriu.
- Robert Oppenheimer – Mas foi Lise que explicou.
- Heisenberg – Creio que seja melhor nos lembrarmos dos fatos como ocorreram, antes que eu mude de opinião.
- Margrethe Norlund – Lá vamos nós de novo.
- Niels Bohr – Porque não fazemos melhor? Vamos chamá-los aqui.

PARTE III FISSÃO

No dia seguinte, chegam juntos Otto Hahn e Lise Meitner e se juntam aos cientistas já presentes.

- Margrethe Norlund – Olá meus caros
- Lise Meitner – Olá, nós recebemos a carta de Bohr
- Otto Hahn – Minha senhora, é um prazer vê-la novamente.
- Margrethe Norlund – Vamos entrem, entrem. Eles estão na sala, me sigam.
- Lise Meitner – Eles? Quem mais está aqui?
- Otto Hahn – Estamos juntando os amigos?
- Margrethe Norlund – Alguns apenas, Heisenberg, Oppenheimer e Fermi.
- Lise Meitner – Heisenberg está aqui? Faz algum tempo que não o vejo.
- Margrethe Norlund – Sim, estamos conversando alguns tópicos interessantes.
- Niels Bohr – Meus caros, já chegaram. Minha querida Margrethe, está prendendo vocês apenas para ela.
- Heisenberg – Sejam bem-vindos.

- Robert Oppenheimer – Há quanto tempo
- Enrico Fermi – Realmente, esta reunião veio em uma boa hora.
- Lise Meitner – Sim, mas a que se deve tal convite?
- Otto Hahn – Realmente, sua carta foi um tanto quanto enigmática.
- Niels Bohr – Nós estávamos nos lembrando dos velhos tempos, do período em que tivemos que tomar partidos
- Fermi – mas passamos para assuntos mais brandos e fomos falar da fissão e quem melhor que vocês, para estarem presentes.
- Heisenberg – Espero que não se importem, nós chamamos vocês aqui para nos contarem novamente como se deu todo o processo.
- Robert Oppenheimer – Exatamente, isto é, se vocês aceitarem, claro.
- Lise Meitner – (tenho o pressentimento de que não gostarei dessa conversa). Sobre o que exatamente?
- Niels Bohr – Nada demais apenas uma breve discussão como fazíamos antigamente.
- Heisenberg – Sim todos nós sentimos falta.
- Otto Hahn – Não vejo problema, vocês sabem que eu e Strassmann tentávamos identificar elementos transurânicos.
- Lise Meitner – Enquanto eu estava na Suécia, em um espaço cedido a mim, porém sem aparelhos, colaboradores ou sequer chaves do local. Por isso sempre nos comunicávamos por carta
- Margrethe Norlund - Pelo menos você conseguiu fugir e sobreviver.
- Lise Meitner – Isso é verdade, mas precisei abrir mão de tudo que eu tinha lutado para conseguir. Pelo menos minhas convicções mantive.
- Otto Hahn – (Sinto que ela ainda me culpa pelo que aconteceu). Em 1938, consegui encontrar Lise em Copenhague e seguindo as sugestões dela, Strassmann e eu fizemos mais alguns novos experimentos com urânio.
- Niels Bohr – Foi aí que descobriram que em vez de se tratar de um isótopo do Rádium era na verdade do Bário.
- Lise Meitner – Sim, com isso quando publicaram eu tive acesso aos resultados e pude analisar melhor junto de Fisher.
- Enrico Fermi – Para isso usou o modelo da gota de Bohr, se bem me lembro, correto? Mas porquê?
- Niels Bohr - Por causa da densidade dos núcleos, nesse modelo ser considerada praticamente constante. E também devido ao fato de permitir previsões quanto a energia de ligação, por considerar estas proporcionais as massas nucleares.

- Margrethe Norlund – Algo que nunca compreendi muito bem, é como ocorre a fissão, apesar de Niels ter tentado me explicar.
- Enrico Fermi – um núcleo com número de massa grande se divide em dois fragmentos de números de massa comparáveis. Isso pode ocorrer de duas formas.
- Niels Bohr – Exatamente, de forma espontânea, que é muito rara.
- Otto Hahn – Ou induzida, que foi o que fizemos em laboratório. Estimulamos o núcleo com uma energia, ao bombardeá-los com nêutrons.
- Margrethe Norlund – Compreendo, obrigada senhores.
- Heisenberg – Não imaginava que a contribuição dela, no trabalho publicado por Hahn, havia sido tão grande.
- Robert Oppenheimer – Eu entendo, porque inicialmente publicaram separadamente, mas e depois?
- Enrico Fermi – Robert, não é a hora para isso.
- Lise Meitner – Tudo bem, eu imaginei que chegaríamos a isso.
- Otto Hahn – Depois eu teria que voltar a trás na minha palavra e poderia me acarretar problemas.
- Heisenberg – Mas você ganhou um Nobel, pelo trabalho que obviamente os dois desenvolveram, enquanto ela ganhou apenas um elemento que levava seu nome o Meitnério.
- Lise Meitner – Eu realmente não fiquei incomodada com esse ponto em específico, afinal foi uma escolha minha deixar meu grupo de pesquisa e fugir.
- Margrethe Norlund – Sim, mas foi uma escolha necessária pela sua vida.
- Otto Hahn – Eu não pensei que faria diferença, afinal ela escreveu seu próprio trabalho. Mas diga-me Lise, se não isso, o que te chateou?
- Lise Meitner – Já lhe falei sobre isso, por cartas e deixei para trás pelo bem da nossa amizade.
- Otto Hahn – Obviamente não, ou não teria tocado no assunto.
- Enrico Fermi – Desculpem-me mas acredito que estamos todos um pouco perdidos aqui.
- Otto Hahn - Ela me culpa por ter continuado a trabalhar na Alemanha.
- Heisenberg – Mas Lise, você também trabalhava para eles, não compreendo.
- Lise Meitner – Sim, mas eu fui embora
- Robert Oppenheimer - Nós sabemos, mas não a princípio, apenas quando começou a temer por sua vida.
- Lise Meitner – Isso porque eu não queria deixar tudo pelo qual batalhei para trás. Eu trabalhei por anos de graça, me tornei secretária de Planck apesar de minha formação apenas para poder receber, eu tinha uma entrada diferente das dos outros cientistas por ser mulher.

Quando finalmente tive meu laboratório, ganhava menos que Otto e tínhamos o mesmo cargo, não queria deixar isso.

- Margrethe Norlund – Eu entendo completamente o que você quer dizer.
- Niels Bohr – Sim todos nós entendemos, contudo suas acusações a Hahn me parecem infundadas, pois afinal ele pode se justificar da mesma maneira que você.
- Lise Meitner – Exatamente, pode não ter enfrentado as mesmas dificuldades, mas ele também tinha suas escolhas.
- Enrico Fermi – Mas ele também precisou de dedicação para conquistar seu próprio laboratório e por isso, assim como você não quis sair.
- Lise Meitner – Sim e por isso que apesar de tudo, não nos afastamos e continuamos nossa amizade.
- Margrethe Norlund – Vocês fizeram histórias junto, apesar de um não estar no trabalho do outro.
- Heisenberg – Sim, os estudos e tudo que foi feito com energia Nuclear foi graças a vocês, pois nós imaginávamos ser possível, mas não conseguimos realmente.
- Robert Oppenheimer – Apesar de que nem tudo, o trabalho foi deles, mas não podemos jogar em suas costas o que fizeram com as suas descobertas.
- Otto Hahn– Sim, por favor, já tenho meus fantasmas.
- Enrico Fermi – Todos nós temos.

PARTE IV – APLICAÇÕES DA Física NUCLEAR

- Niels Bohr– Bem, graças as descobertas deles, a energia nuclear foi produzida por fissão, vocês querem dizer.
- Heisenberg – Realmente, afinal o Sol já utilizava espontaneamente a fusão para gerar energia nuclear.
- Lise Meitner – Sim, em relação a combinação de dois núcleos para que ocorra a fusão, nós não temos como levar os créditos.
- Robert Oppenheimer - Mas podem levar os créditos pelo conhecimento necessário para usinas nucleares que são utilizadas para gerar energia elétrica.
- Enrico Fermi – Graças a energia nuclear gerada pela fissão, que temos a medicina nuclear, tanto para tratamento quanto para diagnósticos.
- Niels Bohr– Sim, eu ouvi sobre esta, é uma área da medicina onde são utilizados os radioisótopos, tanto em diagnósticos como em terapias. Mas não se restrinjam as aplicações mais conhecidas, meus caros.

Lise Meitner – Ou a utilização na conservação de alimentos.

- Margrethe Norlund – Diante de tantos pontos positivos, porque todo o medo que por parte da população, não entendo?
- Heisenberg – Pelos perigos de vazamento e acidentes que já viram ocorrer.
- Robert Oppenheimer – Pelo que percebo, são poucos também que compreendem a vastidão da Física Nuclear e associam geralmente esta a Bomba Nuclear.
- Otto Hahn – É complicado e um grande divisor de opiniões. Ainda nos tempos atuais tem-se o problema com as armas nucleares, o que só faz aumentar a insegurança e o medo da população.
- Heisenberg – Nossa parte já fizemos, agora só podemos assistir de camarote o que as novas gerações estão fazendo e farão.
- Otto Hahn – Exatamente! E torcer para que não cometam os mesmos erros que nós meus caros.
- Robert Oppenheimer – Será que realmente erramos?
- Niels Bohr – Creio que só o futuro dirá.

7 METODOLOGIA

Neste capítulo explicaremos todo o processo para a elaboração do produto desenvolvido, na intenção de propor uma alternativa para se trabalhar o conteúdo de Física Nuclear no ensino médio. As atividades desenvolvidas, as estratégias utilizadas e a organização das mesmas.

Ao elaborar um produto educacional, não importando qual o assunto abordado, se faz necessário levar em consideração algumas importantes para que ele seja coeso e ao ser aplicado possa contribuir para o processo de ensino-aprendizagem.

Uma elaboração clara quanto à duração, período de desenvolvimento e conteúdos prévios, foram considerações necessárias que precisaram ser pensadas e feitas. Isto foi importante para que seja possível a inserção da Física nuclear no planejamento escolar de forma tranquila e coerente.

Falaremos, ainda, sobre como foi feita a obtenção dos dados e, quais os processos realizados para a sua análise. A partir desses processos, será possível observar a eficácia ou não da proposta elaborada, podendo assim julgar se esta cumpre seu objetivo.

7.1 Organização e elaboração da sequência didática

O tema escolhido, foi de acordo com o conteúdo básico comum (CBC) de Física²⁷, Noções de Física Quântica e Nuclear, um dos temas que não é obrigatório no currículo adotado no estado de Minas Gerais. Os conceitos abordados, foram os voltados para o estudo da Física Nuclear. Tendo sido abordado após o tópico de Energia e vida na Terra, que é um dos tópicos obrigatórios no conteúdo básico comum de Física, sugerido como primeiro tópico a ser abordado na primeira série do ensino médio. A escolha do momento de desenvolvimento da proposta se deu pela abordagem relacionada aos temas energia e produção de energia, que permitem correlacioná-lo com o citado tópico.

O tema será apresentado de forma contextualizada e gradual, na intenção de apresentar para o aluno aspectos da evolução das teorias da Física Nuclear com a intencionalidade de favorecer o desenvolvimento dos sentidos e significados, segundo as concepções de Vygotsky. Para isso, foi planejada uma sequência didática, tendo como público-alvo alunos na faixa etária média de 15 anos de idade, mas nada impede que essa seja utilizada em turmas mais velhas.

Na sequência didática; o professor tem a tarefa de planejar as aulas, quanto a organização dos conteúdos, duração, estruturação, estratégias e recursos utilizados. Levando isso em consideração ao elaborar a sequência aqui discutida, as aulas foram organizadas para formar uma

27 SECRETARIA DE ESTADO DE EDUCAÇÃO DE MINAS GERAIS. Conteúdo Básico Comum – Física, disponível em: http://crv.educacao.mg.gov.br/sistema_crv/banco_objetos_crv/%7B467096A5-B3B4-4DAE-B9D3-A7AF67D6E0C2%7D_PDF%20CBC%20Fisica.pdf acessado em: 02/02/2018.

sequência com complexidade crescente e de forma que os conteúdos estivessem articulados aula a aula. Nossa intenção, ao desenvolver a sequência didática dessa maneira, foi de promover uma continuidade no desenvolvimento do tema de maneira tal que favoreça o processo de ensino aprendizagem.

Levando em consideração todos os aspectos que desejávamos trabalhar, foi elaborado um texto teatral, contendo todos os assuntos abordados na sequência didática, porém de maneira mais “leve” do que um texto estritamente informativo, por isso a escolha por um texto teatral fictício, elaborado pela professora/pesquisadora, fundamentado em fatos históricos relacionados à Física Nuclear. A escolha pelo texto teatral também nos daria a possibilidade de realizar uma atividade que exigiria dos alunos a desenvoltura de apresentarem-se publicamente.

Optamos por não utilizar recursos e/ou materiais de apoio que pudessem dificultar o desenvolvimento dessa sequência em outros locais, por isso a opção por materiais impressos e data-show como os principais recursos didáticos. O data show foi utilizado para mostrar a simulação de funcionamento de uma usina nuclear, para que fique mais fácil o aluno visualizar o que acontece. Utilizamos também de data show no decorrer das aulas para abordar os conteúdos com os alunos, mas sua ausência não compromete o desenvolver das atividades.

A sequência didática foi organizada em seis aulas de 50 minutos, texto teatral “Encontro com o Passado”, perpassa as aulas, enfatizando a abordagem histórica da proposta, com a finalidade de evidenciar a evolução e desenvolvimento dos conceitos da Física nuclear com os passar dos anos, até a atualidade.

O texto teatral foi organizado de modo a ser dividido em quatro partes, associando cada uma das partes aos temas previstos para as aulas.

1ª parte: uma introdução a Física nuclear e ao contexto em que essa se desenvolveu através do diálogo entre os personagens;

2ª parte: uma conversa dos personagens sobre o estudo da radiação e radioatividade.

3ª parte: discussões sobre a descoberta, os estudos que antecederam e sucederam a fissão nuclear e ainda o momento político e social que o mundo vivia.

4ª parte: conversa sobre energia nuclear e outras aplicações da Física nuclear.

Ao escolhermos uma abordagem diferenciada, tentamos evidenciar que apesar da Física utilizar a linguagem matemática, na maioria das vezes, para se comunicar com o mundo, o foco das aulas de Física não precisa ser sempre voltado para a utilização de formalizações matemáticas.

Quando consideramos que a Física é um saber essencial na formação básica dos estudantes, precisamos refletir sobre a forma que deverá ser ensinada. Os PCN+ exaltam essa questão, apresentando que

O ensino de Física tem enfatizado a expressão do conhecimento através da resolução de problemas e da linguagem matemática. No entanto, para o desenvolvimento das competências sinalizadas, esses instrumentos seriam insuficientes e limitados, devendo ser buscadas novas e diferentes formas de expressão do saber da Física, desde a escrita, (...), até a linguagem corporal e artística. PCN+ (BRASIL, 2002, p. 84)

Nesse sentido, esforços já estão sendo feitos para aproximar a ciência e a arte. Dentre eles, peças de teatro comumente chamadas de teatro científico. Estas podem ser constituídas por breves diálogos, ou até encenações maiores, pode ser histórica, futurística ou contemporânea. Em geral, o foco das peças teatrais não estão no conteúdo propriamente dito,

Claro que temos que respeitar o viés do conhecimento, mas trazemos a questão dos conflitos humanos, da responsabilidade científica, dos valores da ciência, da ética da ciência, pois são estes aspectos da ciência que nos interessam. A função da arte é mostrar que a vida mudou com a ciência, e vai mudar mais. (PALMA, 2006, p. 244)

Portanto, ao relacionar arte, teatro e ciência, podemos evidenciar a relação da ciência com a sociedade. Consideramos que a utilização de uma peça com abordagem histórica esta relação se torna mais evidente. O tema escolhido, Física Nuclear, também nos permitiu relacionar a ciência com a tecnologia e o ambiente. O texto teatral é ainda uma atividade lúdica, que pode agir como motivador para os alunos participarem da aula.

Quanto a organização da sequência didática, essa foi feita tendo em mente que existe uma relação entre os temas abordados na sequência, assim, um tema serviu de base para o próximo, mostrando a ligação entre eles, na intenção de ir construindo os conhecimentos e cada vez mais se aprofundando nos conceitos e conteúdos. Como a sequência didática, por nós desenvolvida é de cunho histórico, levamos ainda em consideração, a linha cronológica em que os conceitos foram sendo estudados e dando destaque às respectivas aplicações. Na Quadro 7.1, é possível observar a organização da sequência e os temas propostos para cada aula.

Quadro 7.1 - Resumo da sequência didática

<u>Aulas</u>	<u>Objetivos Educacionais</u>	<u>Recursos Didáticos</u>	<u>Atividades de ensino</u>
I Introdução à Física Nuclear	· Incentivar a discussão e a construção da argumentação dos alunos nas aulas de Física; · Investigar que bagagem que os alunos possuem sobre o	-Questionário de conhecimentos prévios e questões relativas a aula (anexo II) · Texto “ENCONTRO COM O PASSADO” parte 1 .	Apresentar a proposta de desenvolvimento da sequência didática aos estudantes. Aplicar o questionário de conhecimentos prévios e definir o tema utilizando a primeira parte do teatro, Organizar o trabalho em grupos.

	tema de Física nuclear;	· Lápis, caneta, borracha.	
II Radioatividade	· Trabalhar os conceitos e aspectos históricos da radiação e radioatividade - Incentivar a leitura; - Auxiliar no desenvolvimento crítico;	· Questões relativas a aula (anexo II) · Texto “ENCONTRO COM O PASSADO” parte 2. - Data show; · Lápis, caneta, borracha.	Orientar a leitura da segunda parte do texto teatral. Propor questões relativas a aula, respondidas de forma individual por escrito Organizar discussão final relativa ao tema abordado.
III Fissão Nuclear	- Trabalhar os conceitos e aspectos históricos da Fissão Nuclear; - Compreender o processo de reação em cadeia - Incentivar a leitura e a escrita; - Auxiliar no desenvolvimento crítico;	- Questões relativas a aula (anexo II) · Texto “ENCONTRO COM O PASSADO” parte 3. - Data show; · Lápis, caneta, borracha	Orientar estudo dos conceitos de Fissão Nuclear, a partir da leitura da terceira parte do texto teatral. Propor a construção de um texto e discussão final relativa ao tema abordado
IV Energia Nuclear	- Trabalhar contexto histórico e conceitos da energia nuclear; - Identificar as aplicações contemporâneas da energia nuclear; - Comparar e diferenciar as possíveis formas de obtenção de energia elétrica; - Incentivar a leitura; - Auxiliar no desenvolvimento crítico	Questões relativas a aula (anexo II) · Texto “ENCONTRO COM O PASSADO” parte 4. - Data show; · Lápis, caneta, borracha.	Orientar estudo dos conceitos e aplicações da Energia Nuclear a partir da leitura da quarta parte do texto teatral. Propor a construção de um texto e discussão final relativa ao tema abordado;
V Atividades	- Trabalhar Argumentação - Desenvolver a leitura e	Papel com as entrevistas impressas (anexo II)	Organizar um debate e guiar análise de três entrevistas diferentes acerca

Argumentativas	interpretação - Auxiliar no desenvolvimento crítico	Lápis, caneta, borracha.	da utilização e aplicações da Física nuclear.
VI Apresentação do Teatro “ENCONTRO COM O PASSADO”	Trabalhar a dicção; - Desenvolver a oratória; - Trabalhar a inibição;	Cenário e figurino (se possível e se for de interesse do professor e alunos)	Orientar alunos na apresentação da peça

Fonte: Autora

A aula inicial foi pensada como forma de identificar os conhecimentos prévios dos estudantes, tanto conceituais, quanto às habilidades de escrita, leitura, articulação e desenvoltura de ideias e ainda analisar os sentidos e significados que os estudantes possuam sobre a Física nuclear.

Na segunda aula, definimos pela abordagem dos temas radiação e radioatividade, evitando as confusões comuns entre estes dois conceitos. O estudo, foi pensado para ser iniciado a partir do texto teatral, dando início a uma aula expositiva dialogada, mostrando e explicitando além dos conceitos, como se deu na história o estudo sobre materiais radioativos. Consideramos estes conceitos importantes para o entendimento da história da fissão nuclear, tema da terceira aula. Assim, na terceira aula, consideramos a continuidade da abordagem histórica com foco nos conceitos físicos, mas não somente sobre eles, já que esse tema remete a excelentes discussões éticas e morais. Por isso demos destaque aos conflitos políticos da segunda Guerra Mundial, ao trabalho de Meitner e Otto Hahn, sua parceria inicial na Alemanha, a fuga de Meitner com a intensificação da perseguição aos judeus, polêmicas envolvendo o prêmio Nobel dado somente para Otto Hahn e os dilemas envolvidos em produzir uma teoria que poderia ser utilizada pelos nazistas para a produção de armas.

A quarta aula trata de aplicações da Física Nuclear. Aproveitamos o enredo da peça e colocamos falas fictícias sobre aplicações contemporâneas na fala dos personagens históricos. Vale ressaltar ao professor que somente as lembranças na peça é que são baseadas em fatos históricos, as narrativas contemporâneas possibilitam que o professor trate temas mais atuais com liberdade. Dessa maneira, abordamos aplicações contemporâneas, dando foco principal na produção de energia elétrica a partir das usinas nucleares, discutindo sobre a utilização ou não desse tipo de usina e comparando-a com outras usinas, como eólicas, solares, hidrelétricas e termelétricas.

Para cada uma das quatro aulas iniciais, estão previstas o desenvolvimento de atividades escritas, sendo estas: produção de texto sobre os temas e acontecimentos abordados na aula ou

questões abertas sobre o mesmo, com o objetivo de analisar a eficácia da aula, para auxiliar na compreensão do aluno sobre o tema e suas opiniões sobre o assunto.

Para a quinta aula, a intenção foi trabalhar os conceitos aprendidos nas aulas anteriores, mas também a desenvoltura, articulação, defesa de opiniões e a partir dessas analisar os sentidos e significados que desenvolveram durante a sequência.

Finalmente, a sexta e última aula foi proposta para encerrar o trabalho sobre esses temas. Levando isso em consideração, decidimos que, a melhor maneira de fazê-lo, seria através da encenação do texto teatral por parte dos alunos, o que ajudaria ainda a trabalhar a desenvoltura diante de um público.

7.2 Metodologia de pesquisa

7.2.1 Ambiente e sujeito da pesquisa

A sequência didática elaborada foi desenvolvida em uma escola pública de Minas Gerais, durante o mês de maio do ano de 2018. A escola fica localizada em um município que possui cerca de 20.000 habitantes, em um bairro pobre marcado por conflitos envolvendo tráfico de drogas. Grande parte dos estudantes da escola trabalham de maneira informal, após o horário escolar, principalmente durante os períodos de colheita de café, para ajudar na renda familiar. Notamos o desejo dos estudantes de serem aceitos e de obter afeto e atenção dos professores. Contudo, o medo de errar e de serem julgados está fortemente enraizado neles, por isso a maioria deles possui um grande receio de se expressar e fazer indagações para evitar represálias ou deboche, fato que foi vivenciado pela professora/pesquisadora no início do ano letivo. Ainda que a sequência didática pudesse ser desenvolvida em qualquer série do EM, devido a organização dos temas da escola, que segue a orientação do CBC, optamos por apresentar esse conteúdo no primeiro ano do ensino médio, como dito anteriormente. Como na escola, havia duas turmas de primeiro ano, decidimos desenvolver a pesquisa em ambas: uma com 27 alunos, aqui chamada de turma Amarela e a outra com 20, chamada de turma Branca. As turmas tinham duas aulas de Física por semana, com duração de cinquenta minutos cada uma. Salientamos que as duas turmas apresentavam posturas bem distintas, enquanto era raro que os alunos da turma Amarela faltassem ou tivessem comportamento inadequado, violando as regras da escola, na turma Branca isso era muito frequente.

7.2.2 Descrição dos instrumentos de coleta de dados e procedimentos de análise

Pretendemos analisar as concepções desenvolvidas pelos estudantes e os sentidos e significados que desenvolveram sobre os temas de Física nuclear abordados durante o desenvolvimento da sequência didática. Por isso, fez-se necessário compreender o processo por completo. Optamos por relatar o desenvolvimento das aulas, destacando as interações, a apropriação dos conhecimentos, os posicionamentos de ideias e demais aspectos julgados como relevantes para nossas análises. Sendo assim, adotamos para esta investigação os padrões da pesquisa qualitativa: “a pesquisa qualitativa preocupa-se com aspectos da realidade que não podem ser quantificados, centrando-se na compreensão e explicação da dinâmica das relações sociais” (Gerhardt e Silveira 2009, p.32).

Os dados coletados foram obtidos a partir das atividades propostas aos alunos, tais como questionários e produções textuais livres, além de discussões e debates, que foram gravadas em áudio. Outro instrumento utilizado para coleta de dados foi o diário de campo, utilizado pela pesquisadora/professora para anotar os aspectos que considerou importantes, de acordo com seu ponto de vista e observações que pode fazer durante as aulas.

7.3 Desenvolvimento da sequência didática

Na primeira aula, os alunos responderam o questionário de conhecimentos, para analisar os conhecimentos prévios existentes. Em seguida, foi feita uma abordagem histórica utilizando a primeira parte do texto teatral Encontro com o Passado, desenvolvida para esta sequência, a leitura foi realizada em grupos. Este trecho do texto, apresenta ao aluno alguns elementos da história da Física nuclear durante a segunda guerra mundial, incluindo algumas consequências desta guerra. Após a leitura, foram feitas discussões pertinentes quanto ao contexto histórico. Como atividade para casa, nessa aula, foi pedido que os grupos separados pesquisassem, cada um, biografias dos personagens envolvidos na história apresentada, e com isso montassem um perfil detalhando sua aparência, personalidade, roupas e área de estudo. Este perfil foi analisado pelo professor, na intenção de evitar informações erradas, já que este foi utilizado para auxiliar os alunos na interpretação e caracterização do personagem.

A segunda aula foi iniciada fazendo a leitura da segunda parte do teatro, novamente com mesmos grupos formados, na intenção de trabalhar a interação com os colegas e estimular o trabalho colaborativo. Esta parte aborda o estudo da radioatividade, por meio de um diálogo entre Niels Bohr e Werner Heisenberg. Em seguida, o professor, através de uma aula expositiva dialogada, faz uma explicação sobre o conteúdo relacionando e organizando as informações e

conceitos físicos contidos na peça, tais como: radiação, fissão nuclear e energia nuclear. Como atividade, para analisar posteriormente o desenvolvimento dos alunos, além das discussões feitas em relação às duas partes iniciais da aula, os alunos fizeram uma produção textual livre e individual, onde destacaram aspectos que acharam mais importantes e/ou interessantes, para entregar ao professor.

A terceira aula abordou a fissão nuclear, fazendo uso da terceira parte do texto teatral para retratar aspectos do clima político e social em que esta teoria foi desenvolvida, a partir de discussão entre Lise Meitner e Otto Hahn, dois dos cientistas que tiveram grande importância no estudo da fissão. Após a leitura em grupo, foi feita uma discussão sobre o conteúdo da terceira parte do texto teatral na intenção de observar e analisar as opiniões formadas pelos alunos. A partir dessa discussão, iniciou-se a explicação sobre o processo de fissão nuclear através de uma aula expositiva participativa. Como atividade avaliativa, esta aula apresenta um questionário de questões abertas dissertativas sobre o tema da aula.

A quarta aula, trata o tema de energia nuclear. Essa se iniciou, através da leitura da última parte da peça, além de retomar as partes anteriores, que já faziam referência à energia nuclear. Nesta última parte, alguns dos principais personagens históricos como Enrico Fermi e Robert Oppenheimer, falam sobre as aplicações da Física nuclear no mundo moderno, dando desta a energia nuclear. Após a leitura, de forma conceitual, foi explicado o que é a energia nuclear e citado alguns exemplos de suas aplicações e comparação com outras formas de produção de energia elétrica. Os alunos apresentaram, ao final da aula como atividade, a elaboração de um esquema dos processos que ocorrem para que se gere energia nuclear.

A quinta aula apresenta duas atividades, cada uma com duração aproximada de 25 minutos. Ambas com a intenção de analisar não somente a aprendizagem conceitual dos alunos, mas também a formação crítica que as aulas anteriores possibilitaram. A primeira atividade é um debate sobre a utilização da energia nuclear, em que a sala foi separada em dois grupos: um a favor e outro contra. Os alunos foram avisados sobre esta atividade na aula anterior, para que se preparem adequadamente. Na segunda atividade, os alunos analisaram reportagens e publicações feitas sobre a energia nuclear, observando possíveis erros conceituais, informações errôneas e/ou distorcidas e a imparcialidade ou não dos repórteres. As reportagens foram as mesmas para todos os grupos, assim permitindo uma discussão final posterior à atividade.

A sexta aula, é a encenação do teatro, que ocorreu em um momento extraclasse. Para esta encenação, os papéis interpretados ficaram a cargo dos alunos, assim como ajuda nos bastidores, narrador e também outros detalhes como figurino, cenário e maquiagem.

8 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Neste capítulo estão descritos e analisados os dados obtidos por meio de cada atividade, realizada na sequência didática. Após esta análise, identificamos pontos para melhorar o produto educacional. Os dados foram coletados de duas turmas, a Amarela, com 26 alunos e turma Branca 20 alunos. Os resultados e processos foram descritos e separados aula a aula, e por atividades. Algumas respostas dos alunos foram transcritas, na intenção de passar uma

8.1 Aula 1 – introdução

Na primeira aula, as duas turmas estavam juntas, com isso tendo 46 alunos presentes na sala de aula. Os estudantes, responderam o questionário de conhecimentos, para analisar os conhecimentos prévios existentes. Em seguida, foi feita uma abordagem histórica utilizando a primeira parte do texto teatral “Encontro com o Passado”²⁸, desenvolvida para esta sequência, a leitura foi realizada em grupos. Este trecho do texto, apresenta ao aluno alguns elementos da história da Física nuclear durante a segunda guerra mundial, incluindo algumas consequências desta guerra. Após a leitura, foram feitas discussões pertinentes quanto ao contexto histórico.

As discussões finais da aula em questão foram bastante agitadas, pois todos tentavam impor suas opiniões sobre quem estava certo ou errado e o motivo de pensarem assim. Alguns alunos que defendiam que os cientistas estavam certos, mudaram de opinião no decorrer da discussão, ao ouvir argumentos de outros colegas, acabaram se deixando influenciar, sem nem ao menos questionar ou expor seu ponto de vista. 12 dos alunos sequer comentaram nas discussões finais, ficando apáticos e com vergonha quando eram incluídos na conversa.

Durante essa conversa, como professora/pesquisadora, fiz algumas perguntas aos alunos, na tentativa de compreender as respostas até então obtidas e suas opiniões sobre o tema:

Professora: Quando falamos de Física Nuclear, o que vem à cabeça de vocês?

A maioria dos alunos: Bomba nuclear.

Professora: Apenas isso?

Aluno J: Não, penso também nas usinas, apesar que na hora que precisei não lembrava de nada.

Professora: Mais alguma coisa?

(sem resposta por parte dos alunos)

Professora: O que vocês pensam dessas aplicações?

Aluno L: Acaba resultando em desgraças e morte.

28 Apêndice II – página 111.

Aluno V: Dá medo, afinal tem gente tentando construir bomba nucleares, imagina se resolvem jogar no Brasil

Professora: Como vocês conseguem, essas informações?

Alunos: TV, internet, WhatsApp.

A partir desse trecho da discussão, foi possível observar que: as informações que os alunos possuíam ao responder o questionário de conhecimentos prévios, foram obtidas a partir das mídias de comunicação. Notamos, portanto, que seu conhecimento inicial era limitado e parcial, dominado por aplicações que ganham destaque, devido a conflitos de opinião, política e acidentes. Os estudantes não conheciam aplicações cotidianas da Física nuclear.

Aproveitei esse tempo e espaço para conversar com eles sobre algumas das respostas dadas nas atividades anteriores e auxiliar nas dúvidas que surgiram e até mesmo erros que cometeram durante as atividades. Contudo, em nenhum momento falei para um ou mais alunos que haviam errado, todo o processo foi feito por meio de indagações aos estudantes até que esses percebessem os possíveis erros e/ou contradições em suas falas.

Por ter uma natureza de diagnóstico inicial, as questões da atividade 1 foram respondidas sem nenhum auxílio do professor ou colegas e ainda sem estudo prévio. Porém, a todo momento os alunos procuravam por ajuda.

As respostas foram analisadas após o término da aula, após as discussões finais terem sido realizadas. Pude perceber algumas contradições nas escritas com as falas durante as discussões, mas essas ocorreram provavelmente devido ao nervosismo. Notei que durante a atividade inicial os alunos estavam bastante ansiosos, preocupados em errar e por não saberem as respostas, apesar de ter sido explicado que o questionário serviria para que pudessemos compreender quais os conhecimentos possuíam e que não valia nota. Sua preocupação com atividades avaliativas mostra influência dos padrões estabelecidos e da cultura escolar prévia.

As respostas se mostraram um tanto quanto confusas, em parte pelo nervosismo, mas foi possível estabelecer que isso também se dava devido ao pouco conhecimento que possuíam sobre o assunto e como este estava mal fundamentado.

Todos os estudantes alegaram não saber o que era o projeto Manhattan. Os cientistas que alegaram conhecer em sua maioria foram Isaac Newton e Albert Einstein, sete alunos citaram ainda Stephen Hawking, no total, apenas quatro alunos alegaram não saber nenhum nome de cientista. Quanto às áreas de atuação dos cientistas, dois alunos responderam que Einstein trabalhou na teoria da relatividade e Newton com Gravitação, todos os outros não responderam essa questão. Nenhum dos alunos conheciam cientistas mulheres. Ao serem indagados durante a discussão final, sobre os cientistas que são personagens da peça, quatro alunos responderam conhecer, mas que não lembravam os nomes e/ou como se escrevia Bohr e Heisenberg. Ainda durante as discussões, eles

explicaram que foi por causa do trabalho do início do ano sobre áreas de atuação da Física. Vale ressaltar que apenas um pequeno grupo se lembrava, pois foram os únicos que fizeram o trabalho sobre Física nuclear. Na outra turma os alunos que pesquisaram sobre esse tema não aprofundaram as pesquisas sobre cientistas, focando apenas no conteúdo, por esse motivo não conheciam. Por outro lado, o interesse em conhecer os cientistas, presentes no texto teatral apareceu em grande parte da turma. Como eles tinham uma atividade para ser feita em casa, que lhes permitiria saber mais sobre os personagens históricos da peça, evitei dar muitas informações naquele momento. Isso fez com que aumentasse sua curiosidade gerou questionamentos sobre as atitudes dos cientistas na peça. Minha postura como professora/pesquisador foi sempre de promover mais questionamentos e guiar a pesquisa dos alunos, nunca fornecendo respostas nem dando minha opinião sobre dilemas éticos e/ou morais. Isso gerou comentários interessantes, tais como

Aluno L: Será que eles (os cientistas) realmente se arrependeram?

Professora: Porque diz isso?

Aluno L: Bem entendendo o Heisenberg ter se arrependido, afinal ele estava do lado que perdeu a guerra, mas os outros, eles venceram.

Aluno C: Então por terem vencido, fica tudo bem? Eles têm consciência, sabem que erraram, o trabalho deles permitiu que vários inocentes fossem mortos.

Professora: Mas é possível encontrar certo ou errado nessa situação?

Aluna A: O ser humano erra e acerta o tempo todo, eles provavelmente erraram tentando fazer o que achavam certo e por isso se arrependeram depois. O que eu quero mesmo saber, é porque um deles não se arrependeu. (aqui a aluna faz referência ao cientista citado por Oppenheimer em sua lembrança, que não se arrependeu mesmo ao ver os estragos que a bomba era capaz de fazer durante os testes)

Professora: Porque essa curiosidade?

Aluna A: Porque você não cita o nome dele, você deixa a gente curioso, será que é um dos que está lá?

Professora: Isso faz diferença?

Aluna A: Sim, pois um deles estaria mentindo.

Professora: Ele não está presente.

Aluno I: Então ele deve ter tido os motivos dele, né?

Professora: Isso justifica, a atitude dele?

As opiniões ficaram bem divididas pois para alguns justificava enquanto para outros não. Isso acontece, pois eles tinham uma visão maniqueísta da situação, para eles tem que haver certo e errado o bom e o mal, como ocorre nas histórias fictícias. Não aceitavam ou não viam a possibilidade de posturas mais complexas, dos cientistas como seres humanos, com contradições,

defeitos e virtudes. Sobre a utilização da energia nuclear um pequeno grupo, formado por 8 alunos, afirmou não saber o suficiente sobre esse tipo de energia para poder opinar. Doze dos alunos responderam que é uma forma muito potente de energia, mas, ao mesmo tempo, muito perigosa, pois é utilizada para a construção de armas nucleares e com isso corremos o risco de outro acidente como o de Chernobyl. A maioria dos alunos respondeu que a utilização da energia nuclear é perigosa para as pessoas e traz muitos riscos para o planeta. Três alunos responderam que é uma fonte essencial de energia para outros países. Durante as discussões finais, os alunos se mostraram bem desinformados sobre essa questão. Ao serem questionados sobre usinas nucleares no Brasil, eles desconheciam a existência, delas.

Aluno N: Porque precisamos delas (usinas nucleares)?

Aluna EM: Para os períodos de seca, né.

Aluno L: Como se não tivéssemos outras opções.

Professora: Quais outras?

Aluno L: Solar, ou a de vento (eólica).

Professora: Você acha que são opções melhores?

Aluno N: Com certeza, elas não poluem.

Professora: As usinas nucleares são poluentes?

Aluna V: Provavelmente, afinal quando ocorrem os acidentes tudo em volta morre.

Foi então explicado para os estudantes, que as usinas nucleares, são consideradas uma fonte de energia limpa já que não emitem gases de efeito estufa. Por outro lado, há a questão polêmica sobre o que fazer com os rejeitos radioativos dos materiais serem utilizados nas usinas.

Quanto às aplicações da energia nuclear, todos os alunos, responderam que a utilização dela é para armas nucleares. Dentre esses doze acrescentaram ainda a utilização de usinas nucleares para se produzir energia elétrica. Outros cinco estudantes acrescentaram raio-X como uma das aplicações da energia nuclear, dentre esses três alunos citaram ainda a radioterapia e a tomografia como aplicações.

Nenhum dos 46 alunos sabia falar sobre a fissão nuclear. A pergunta seguinte pedia que falassem aplicações da Física nuclear que fizessem parte da sua realidade. Infelizmente nenhum dos alunos via a energia nuclear como parte da Física nuclear, então a maioria afirmou não saber. Enquanto dez alunos citaram o Sol como exemplo, outros dois citaram a energia e o raio-X como as aplicações que fazem parte de sua realidade e um outro estudante citou a radioterapia.

Sobre o que é a radioatividade, treze alunos disseram não saber o que era. Alguns explicaram que radioatividade é o que permite o raio-X e o micro-ondas funcionarem. A resposta dada pela maioria dos estudantes foi que a radioatividade é algo perigoso causado pelo vazamento de radiação e que isso pode ter consequências trágicas. Ao serem perguntados sobre a utilização da

radiação, a maioria dos alunos responderam que esta é usada para exames médicos como raio-X e radioterapia, citando que esta serve para curar o câncer. Apenas cinco alunos, alegaram não saber para que serve a radiação, dentre esses dois disseram que apesar de não saber acreditavam que é algo a qual o ser humano não pode ser exposto. Outros alunos citaram ainda o funcionamento do micro-ondas. Pude observar que os estudantes confundiram muito a radiação com a radioatividade e vice e versa, seu conhecimento sobre o assunto não estava bem fundamentado. Por isso, nas discussões finais foi explicitado que estes conceitos têm relações mas são diferentes, e que na aula seguinte isso seria explicado com mais detalhes.

Ao serem perguntados sobre a utilização da Física Nuclear, todos os alunos responderam que depende de como ela vai ser usada, se for para construir armas são contra, se for para ajudar a sociedade de alguma forma são a favor. Porém, durante as discussões finais, nenhum dos estudantes conseguia pensar em aplicações que pudessem ajudar a sociedade. Por isso, foi explicado que Física nuclear envolve também: a radiação, a radioatividade, a fissão nuclear, assim como a energia nuclear. A partir daí, os estudantes conseguiram ver e citar aplicações que estavam mais presentes no seu cotidiano, como o uso do raio X.

Em seguida, os estudantes realizaram a leitura da parte inicial da peça em grupo. Inicialmente ocorreu o maior estranhamento, já que os discentes não estavam acostumados com leituras de texto durante as aulas de Física. Contudo, ficaram empolgados com a futura encenação. Nos parece que o texto teatral despertou o interesse e curiosidade dos estudantes, e serviu como estímulo para as aulas seguintes.

Na atividade 3 foi possível observar que, somente por meio da leitura do texto para a peça, os alunos já conseguiram adquirir uma noção melhor sobre o que é a Física Nuclear.

As opiniões sobre a possibilidade do desenvolvimento da Física Nuclear sem guerras, podem ser divididas basicamente em dois grupos: um primeiro composto por aqueles que acreditavam que a guerra foi crucial para o desenvolvimento da Física nuclear, pois foi por causa desta que o governo fez grandes investimentos nesse campo da Física; enquanto o segundo grupo defendeu que os estudos na área da Física nuclear já haviam começado anos antes, e já haviam vários cientistas trabalhando nisso, então que era possível que os resultados demorassem mais tempo. Contudo, os resultados dos estudos atualmente seriam os mesmos e esta não teria sido usada naquele momento, durante a Segunda Guerra Mundial matando tantas pessoas.

A segunda pergunta, sobre o posicionamento dos cientistas durante a guerra, foi a que mais gerou discussão após o término da atividade. Um dos alunos acreditava que Bohr errou, pois poderia ter apaziguado tanto os alemães, através do Heisenberg, quanto os aliados, já que estes confiavam nele. A maioria dos alunos, quarenta para ser mais exata, acreditavam que eles fizeram o certo, agora o motivo de acreditarem nisso é que se diferenciava; duas das explicações que se

destacaram, por mostrarem mais claramente as opiniões dos estudantes e também pela forma que foram escritas facilitando assim a compreensão, foram:

“todo mundo tava tentando defender seu país e as pessoas que amavam e achavam que a melhor forma de fazer isso era construindo uma arma que os fizesse vitoriosos, se eu estivesse no lugar deles faria de tudo pra salvar minha família” Aluno Z.

“eles eram cientistas fazendo o trabalho deles, que era o de ajudar a desenvolver a ciência, a forma como essa era usada pelos políticos e o exército não era da responsabilidade deles” Aluno V.

Os demais alunos acreditavam que todos os cientistas erraram, pois construíram algo que sabiam que seria usado na guerra e que não tinham noção da grandiosidade, do que estavam fazendo, como apontou o aluno L.

“Eles [cientistas] estavam tentando evitar a morte de milhares de pessoas, por fim a uma guerra e para isso resolvem criar uma arma que mata milhares de pessoas, ta de brincadeira né. Eles deveriam ter abandonado os projetos de ambos os lados, já que sabiam que as bombas foram lançadas não escolheriam matar criminosos apenas mas destruiriam tudo que estava em seu caminho.” Aluno L

A partir dos comentários dos alunos: Z, V e L, é possível perceber sentidos que diferenciam entre si que foram desenvolvidos a partir da mesma aula.. Com base nas mesmas informações, desenvolveram posições similares sobre a utilização de armas nucleares. Um se colocou no lugar dos cientistas da época e logo voltou atrás sobre a utilização de armas nucleares; enquanto outro viu os cientistas, como isentos de culpa pois era o trabalho dele e joga toda a culpa nos políticos. Enquanto um terceiro aluno, se manteve fiel à sua opinião inicial e acredita que os cientistas erraram, pois para ele não faz sentido que se queira salvar vidas tirando outras. Percebemos a partir dessa interação que os sentidos são próprios dos indivíduos, tendo assim que estar ligado ao subconsciente dos mesmos.

8.2 Aula 2 – radiação e radioatividade

A participação dos alunos nessa aula foi visivelmente maior, principalmente no detalhamento do estudo sobre os personagens que cada grupo interpretaria. Todos os grupos da turma Amarela, fizeram questão de me procurar para conversar sobre o personagem, mostrar fotos e informações que encontraram, que poderiam usar para ajudar na interpretação e caracterização. Apenas um grupo da turma Branca fez o mesmo, mas todos fizeram a pesquisa.

Como nessa aula o tema era radiação e radioatividade, tive a ideia de levar biscoitos, que são irradiados na intenção de atrair ainda mais a atenção dos alunos. Utilizando de “Uma Física cujo significado o aluno possa perceber no momento em que aprende, e não em um momento posterior ao

aprendizado (BRASIL, 2002, p. 23). Já que o assunto está inserido da realidade dos estudantes. Por esse motivo e também para despertar o interesse da turma, cada grupo tinha a sua frente uma certa quantidade de biscoitos que podiam comer durante a aula e assim o fizeram. No entanto, em nenhum momento, deixaram de prestar atenção na aula por isso, pelo contrário ficaram curiosos sobre a relação entre os biscoitos e o tema da aula, ainda mais atentos e interessados.

As respostas a seguir foram feitas após uma leitura detalhada da segunda parte da peça, seguida por uma aula expositiva dialogada, explicando os conceitos de radiação e radioatividade. Apesar de ter menos alunos na aula, em ambas as salas, a interação através de perguntas e comentários já foi maior do que em todas as aulas do ano até então. Ao pedir para que os alunos citassem malefícios e benefícios da radiação, os principais benefícios citados foram o controle de pragas, conservação de alimentos, exames diagnósticos e ainda tratamento de doenças como câncer. Como malefícios, os alunos citaram em sua maioria enjoos, dor de cabeça, diarreia e câncer; apesar de todos os alunos terem citados alguns possíveis malefícios, apenas alguns fizeram questão de ressaltar que esses malefícios geralmente ocorrem quando se tem uma exposição descontrolada devido algum problema, como o acidente do Césio-137 em Goiânia. Ao final da aula, após terem respondidos todas as perguntas foram feitas discussões e, retornando dessa forma as perguntas respondidas pelos estudantes. Aqui irei relatar um trecho das discussões na turma Branca, que iniciei da seguinte forma:

Professora – Vocês tinham conhecimento, da variedade de alimentos que são irradiados?

Aluno IS – Sinceramente não, nunca tinha ouvido falar isso e felizmente nem a minha mãe.

Professora – Porque diz isso?

Aluno IS – Se ela ficar sabendo, me proíbe de comer biscoito o resto da vida, pra que eu não “pegue” câncer.

Professora – Você acha que se explicar, ela não entenderia?

Aluno M – Acho que nem ela, nem a maioria dos pais acreditariam

Aluno IS – Se visse na TV, ou ouvisse a senhora falando talvez mas em mim ela não ia acreditar.

Professora - Porque vocês acham que é tão difícil que eles acreditem?

Aluna EC – Porque sempre ouvimos que a exposição à radiação causa câncer.

Foi interessante observar, que os próprios alunos enxergavam a dificuldade para mudar a forma de pensar da sociedade na qual estão inseridos, devido à falta de informações, ou acesso a informações parciais veiculadas por muito tempo, o que acaba fortalecendo seu status como algo confiável e estabelecido, inibindo a possibilidade de aceitação e discussão de novas ideias.

Ao serem questionados se a radioatividade é perigosa para a vida humana, a maioria dos alunos da turma Branca, 12 em 15, viu isso como uma afirmação e por isso explicaram que ela é

prejudicial, pois pode causar várias doenças graves e que seu uso apresenta um risco para a saúde. Os três alunos, que ao lerem interpretaram como pergunta, responderam que não necessariamente apresenta um risco para a vida humana e suas justificativas foram embasadas nas aplicações da mesma que são bastante utilizadas; um dos alunos respondeu da seguinte forma, “Ela ser perigosa ou não, depende de pra que ta sendo usada não é como se a gente fosse ficar doente por comer biscoito ou tirar um raio-X” IS. Vale ressaltar que durante as discussões os alunos perceberam o erro que cometeram durante a interpretação da questão. Na turma Amarela, a maioria das respostas foi que a radioatividade se torna perigosa se o seu uso não for controlado; enquanto 4 dos 26 alunos dessa turma responderam que ela é perigosa devido ao fato de poder causar uma doença grave, que é o câncer.

Na terceira questão, que era sobre como se deu o início do estudo da radioatividade, foi observado um nível de interesse diferente principalmente entre as turmas. Na turma Branca, apenas 9 alunos disseram que um dos principais propulsores para o estudo da radioatividade foi o estudo do Raio-X, alguns desses completaram que foi seguido pelos experimentos feitos por Becquerel e o casal Curie mas esses eles não sabiam como explicar. Outra resposta que se destacou na turma Branca, mas essa de forma negativa, foi que a radioatividade se desenvolveu na segunda guerra devido à necessidade de uma bomba para que pudessem acabar com a guerra. Essa resposta foi dada por 2 alunos. Alguns estudantes da turma Branca não entregaram essa questão respondida, então não foi possível avaliar. Já na turma A, 24 alguns alunos citaram os nomes dos cientistas: Becquerel e/ou Marie Curie falando que foi graças aos estudos desses que foi descoberta a radioatividade. 12 dos 26 alunos lembraram de falar que os estudos do raio-X de Wilhelm contribuíram também para o estudo da radioatividade.

Um ponto interessante, devido à deficiência de um aluno na turma A, temos uma professora de apoio, que chegou na hora da discussão e com isso ao ouvir os alunos falando sobre radiação em alguns alimentos, acabou ficando preocupada e indagou:

Professora de apoio – Sério isso gente! Então eu vou ter câncer do jeito que eu como essas bobagens todo santo dia.

Aluna B – Não é assim, se não todo mundo estaria doente.

Aluno L – Os alimentos são irradiados, para que a gente não fique doente.

Aluna EM – Você sabe que usam radiação no tratamento contra o câncer?

Aluno LF – A questão toda é a quantidade em que somos expostos, se for controlada e pouco, igual a tirar um raio-X por exemplo é tranquilo.

Aluno Y – Nesse caso a gente não está sendo exposto e sim o biscoito e a dose é pequena e controlada.

Aluna B – Temos que nos preocupar é com a exposição descontrolada e de longa duração ao Sol, por exemplo.

Essa interação, provocou uma surpresa tanto da minha parte quanto para a professora de apoio que se impressionou com o empenho e interesse dos alunos.

Em relação ao ponto de vista conceitual essa interação permitiu ainda observar, a construção dos sentidos e significado em desenvolvimento por parte dos estudantes. Tendo sido possível notar que a as discussões em muito influenciaram na formação dos sentidos e significados.

O sujeito se produz como indivíduo na ação social e na interação, internalizando significados a partir do social. Pode-se entender por sentido, aquela concordância sobre algo desde a ocorrência de um diálogo. Estando a conversar, as pessoas discutem um assunto e determinam um sentido para aquilo que falam. (...) Está-se sempre ressignificando os significados, pois ao surgir uma ideia e pretender-se expô-la a um interlocutor que questiona, complementa, refuta, está-se, juntos, atribuindo novos significados a esta ideia.” (COSTAS; FERREIRA, 2011, p.215)

Presenciamos durante as discussões de aula, indícios de que ao partir dos conceitos, os estudantes internalizaram o significado, elaborando suas concepções e saberes sobre o assunto e externando-a através da linguagem, tanto corporal quanto oral. Ao expor suas ideias ocorrem a troca de concepções e informações que auxiliam na construção do significado.

Ao término da aula, a professora de apoio veio conversar comigo, agora longe dos alunos, externando sua opinião favorável ao comportamento dos estudantes, pois foi realmente uma novidade para nós duas. Mas ainda possuía dúvidas e questionamentos sobre a alimentação com materiais irradiados, já que para ela, ingeriria material contaminado. Dessa vez, eu mesma expliquei a ela como se usa radiação na indústria alimentícia e tentei sanar suas dúvidas. Contudo, não sei se foi o suficiente para acreditar em mim.

Tanto o ocorrido na sala Amarela, quanto o ocorrido na sala Branca evidenciam uma questão preocupante: a falta de informação e conhecimento sobre a Física nuclear. Nesse sentido, como relatado sobre o acidente do césio-137 em Goiânia “Após Goiânia, um clima de The Day After tem acompanhado sua população... Sobretudo o que transparece é a perplexidade, o pânico e a desinformação da população.”(CRUZ, 1987, p. 164) Infelizmente, apesar do passar dos anos, a falta de informação prevalece, dessa forma ainda causando pânico em grande parte da população, quando falamos sobre radiação.

8.3 Aula 3 – Fissão Nuclear

Esta aula foi iniciada com a leitura da terceira parte da peça, seguida por uma aula explicando os conceitos de fissão nuclear usando uma abordagem histórica., Foi pedido que os

alunos fizessem um texto sobre o que foi estudado e dessem suas opiniões sobre as tramas que envolveram o desenvolvimento da Fissão nuclear.

Nesta aula, novamente com as turmas juntas, estavam presentes vinte e cinco alunos, sendo vinte da turma A e apenas 5 da turma B. Apesar de todos terem se dedicado e participado, o interesse nessa aula foi o mais baixo durante a sequência didática. Por meio do texto que foi entregue ainda na aula, os alunos conseguiram explicar que a fissão nuclear é divisão do núcleo atômico em dois átomos mais leves e que nisso uma grande energia é liberada. Indicando com isso que conseguiram compreender os conceitos abordados durante a explicação. Obviamente com suas palavras, alguns utilizaram de analogias para tentar explicar, o que se mostrou interessante já que não havia sido usada nenhuma analogia durante a explicação.

Em sua escrita explicaram ainda que essa descoberta se deu durante a 2ª Guerra Mundial, por meio do trabalho do químico Otto Hahn que visualizou esse fenômeno através de um experimento. Falaram ainda sobre ele não conseguir explicar o motivo dos resultados da experimentação e por isso pediu a colaboração de Lise Meitner, Física e amiga com quem havia trabalhado e ainda mantinha contato, apesar desta ter fugido da Alemanha por ser judia. Os alunos comentaram ainda que graças a essa descoberta Otto Hahn ganhou um prêmio importante para ciência (prêmio Nobel, nenhum deles colocou o nome), porém não falou da colaboração da Lise Meitner mesmo com o final da guerra. Os alunos também explicaram que foi graças à descoberta da fissão nuclear que foi possível o desenvolvimento de armas nucleares.

A discordância entre os alunos se deu por alguns acreditarem que Otto Hahn errou por não incluir Lise Meitner no seu trabalho, outros acreditam que ele fez certo, pois durante a Guerra era perigoso para ele relatar que mantinha contato com ela e depois se admitisse que teve ajuda, ele ia passar por mentiroso se voltasse atrás em sua palavra. Isso pode ser observado a partir das respostas

“... tipo eles estavam fazendo o trabalho deles, já trabalhavam juntos a anos e por isso continuaram mais se ele falasse da ajuda dela ele poderia se dar mal por isso, sendo preso ou até mesmo morto, era preciso entender isso.”
Aluno N

“Tudo bem que durante a guerra ele tava com medo do que ia acontecer com ele mas depois do fim ele poderia ter feito o certo e falado a verdade já que foi um trabalho em conjunto”. Aluno C

Dentre os alunos, mais da metade destacou toda a toda dificuldade que Lise Meitner teve para conseguir um trabalho como pesquisadora em Física por ser mulher. Completaram ainda com o preconceito e discriminação que as mulheres sofriam na sociedade e na ciência na época em questão. Para os estudantes, o fato de Otto Hahn ser amigo dela e sabendo de tudo o que ela havia passado, acabava sendo pior o fato de ele não ter falado da colaboração dela no trabalho; para eles foi uma traição. Apesar de acreditarem que Otto errou, nenhum deles acreditou que Lise Meitner

era uma completa vítima, os estudantes alegaram que ela devia saber que isso aconteceria já que o Otto estava sujeito aos interesses dos nazistas e não colocaria sua vida em risco. Vale ressaltar parte do texto da estudante EM :

“Se hoje pra gente (mulheres) ainda é difícil, somos o sexo frágil, nos julgam e nos classificam por roupa e cor de cabelo muita gente incluindo mulheres acham que não podemos fazer tudo que os homens fazem, então acho que ela foi muito corajosa por seguir os sonhos dela e não desistir. Contudo, ela errou ao só sair quando estava em perigo não sendo solidária aos outros judeus. Então reclamar do que o outro cientista (Hahn) fez e escrever cartas pra ele falando que o perdoava, como se ela não tivesse errado, foi demais mas provavelmente se fosse um homem e não Meitner a história seria bem diferente.” Aluna EM

É possível perceber, pela resposta da aluna, e principalmente quando ela expôs suas opiniões durante a aula, a revolta que ela sentiu pela discriminação que as cientistas mulheres sofriam na época. Mas apesar disso ela não defende as atitudes de Meitner durante a guerra, muito pelo contrário condenou todas as atitudes dela. É possível observar pelas respostas dos alunos, marcas de maniqueísmo, a crença do certo ou do errado bem delimitados durante as atividades, com poucas nuances e sem reconhecer a complexidade dos dilemas morais.

Para cindo dos alunos, o erro de Otto Hahn foi imperdoável, mas para eles Meitner também errou porque enquanto muitos judeus eram perseguidos ela continuou na Alemanha trabalhando para aqueles que perseguiam o povo dela. Para os adolescentes, ela não mostrou nenhuma compaixão. Somente saiu da Alemanha quando achou que teria problemas por ser judia e ainda estando longe resolveu contribuir com um trabalho que ajudaria os nazistas. Dessa forma, para cinco dos alunos a atitude dela foi ainda pior. Vale ressaltar o complemento que uma das alunas fez,

“ainda me revolto pelas pessoas que morreram por causa disso (o estudo da fissão), acredito que os cientistas poderiam ter evitado isso, não publicando ou revelando os resultados de suas pesquisas naquela época mas que, pelo menos, agora conheço a história que ninguém contava, tenho uma ideia de como foi que tudo aconteceu e consigo imaginar a pressão que todos eles sofriam, tendo suas vidas e famílias ameaçadas e até mesmo tendo que fugir do país em que foram criados por preconceito e discriminação mas ainda assim não deveriam ter publicado..” Aluna AR

Observou-se, a partir dos comportamentos dessa estudante, que ela enxerga os cientistas como sendo pessoas que devem ser exemplos para a sociedade, então quando as atitudes não eram aquelas que ela esperava, se decepcionava e ficava incrédula. Contudo, ao final, ela conseguiu compreender que são apenas seres humanos, começou a se colocar no lugar dos cientistas em diversas atividades para pensar o que faria se estivesse na mesma situação que eles. Nessa resposta em especial, ela acredita que devido aos resultados desastrosos, eles não deveriam ter publicado o trabalho sobre fissão. Para a estudante, apesar das aplicações futuras, os cientistas deveriam ter

esperado para revelar os resultados pós guerra. Apesar da evolução da aluna, ela ainda se manteve firme nas questões de certo e errado, raramente achando um meio termo aceitável.

Aqui novamente podemos perceber que os alunos citados, todos da turma Amarela, estiveram presente nas mesmas aulas, participando das mesmas atividades e obtendo as mesmas informações desenvolveram opiniões que diferem entre si e isso por causa dos sentidos e significados que atribuíram a esse tema. Isso ocorreu pois apesar de estudarem na mesma escola e estarem na mesma faixa etária, os estudantes são indivíduos singulares, com vivências próprias e isso interfere pois “[...]o desenvolvimento do pensamento é determinado pela linguagem, isto é, pela experiência sociocultural da criança. [...]” (Vygotsky 1996, p. 44). Como o tema dessa discussão envolve também questões de gênero, carreira e relação entre amigos, temas esses sobre os quais os alunos têm opiniões formadas devido sua interação com a sociedade, família e amigos. Os estudantes relacionaram, os sentidos e significados que já possuíam acerca desses assuntos e os utilizaram em conjunto com o que aprenderam em sala de aula, para formar suas concepções sobre os acontecimentos abordados.

8.4 Aula 4 – Energia Nuclear

Nesta aula foi feita a leitura da última parte do teatro, que tratava de aplicações da Física nuclear, dentre elas a energia nuclear. Foi explicado o que era a energia nuclear e as formas de se produzir esse tipo de energia. Também foi feita uma comparação entre diferentes tipos de usinas de energia elétrica falando de impactos ambientais e custos. Foi então pedido como atividade que os alunos fizessem um texto sobre energia nuclear.

Os alunos fizeram o texto, tratando dos pontos positivos e negativos sobre a utilização da energia nuclear, para geração de energia elétrica. Os 35 alunos que participaram, somados de ambas as turmas, citaram o fato de as usinas nucleares ocuparem menos espaço quando comparadas com as hidrelétricas e ainda interferir menos na natureza. Todos comentaram sobre a preocupação da utilização desta energia na produção de armas nucleares. Outra questão levantada por eles é o custo para construção e distribuição da energia elétrica produzida por meio de usinas nucleares, pois estes são mais caros do que nas hidrelétricas. Para mais da metade dos educandos presentes, o custo vale a pena se forem analisadas as perdas da fauna e da flora brasileira para a construção da hidrelétrica. Como pode ser observado no trecho escrito pela Aluna B, da turma amarela:

Hoje o principal meio para geração de energia elétrica, é a utilização de hidrelétricas, faz todo sentido considerando o grande número de rios, alguns já com quedas d’água naturais. As usinas nucleares, representam uma parcela insignificante perto das hidrelétricas, novamente faz sentido, pelo perigo de acidentes. Será que continua a fazer sentido, se analisarmos o quanto a construção de uma hidrelétrica interfere no meio ambiente, prejudicando a flora e a fauna brasileira. É claro que se pudermos utilizar

com maior autonomia as usinas solares, que podem ser instaladas nos tetos de casas, apartamentos e é uma energia limpa e renovável, torna-se ainda mais interessante, mas devido ao valor elevado das placas, acredito que no momento as usinas nucleares podem ser uma opção melhor.

Na turma Branca, durante essa atividade, havia apenas 10 alunos presentes, e a maioria fez questão de ressaltar que esta energia, apesar dos perigos, é uma excelente opção para alguns países, principalmente para aquele que não possuem tantos recursos naturais e/ou espaço, como o Brasil. Nessa turma apenas um dos estudantes acredita que o Brasil deva investir na produção de energia nuclear. Segundo a aluno IS:

Nosso país, tem uma grande área geográfica, nossa preocupação deve sim estar em utilizar o máximo uma fonte de energia limpa, o que já é feito e investir em fontes renováveis para substituírem essa (hidrelétrica) no futuro. Não havendo assim, necessidade no momento atual, de construir usinas nucleares. Ainda mais com a falta de informação que a população tem, só iria causar medo e provavelmente revolta.

Já para o aluno MD:

A França é um país que está em primeiro lugar no mundo na produção de energia elétrica, utilizando usinas nucleares. E mesmo assim, não sabemos de acidentes nucleares que ocorreram na França, isso porque estão capacitados para a mão de obra e são cuidadosos com a construção. Acredito que nosso país tomando as medidas cabíveis, deve sim investir na produção de energia por termoeletrônicas para substituir ou ao menos funcionar em conjunto com as hidrelétricas. Nosso país poderia ainda vender parte da energia produzida para os países vizinhos e dessa forma gerar lucros para o país.

É possível observar, a partir das respostas obtidas nas atividades, o quanto as concepções prévias dos alunos, em relação a custos e obtenção de lucros influenciaram em suas respostas, após terem as informações necessárias para elaborar sua opinião sobre o tema.

Na turma Amarela, que contou com a presença de 25 alunos, todos defenderam a utilização da usina nuclear para produção de energia elétrica no Brasil. Em seus textos eles explicam que, apesar dos custos serem maiores, o impacto, salvo em questões de acidentes nucleares, são menores comparados a outras fontes de produção de energia usados no nosso país. Por isso apoiam a utilização de Angra I, II e III, principalmente nos períodos de seca. Alguns defendem, ainda, a construção de mais usinas nucleares em vez de aumentar o número de hidrelétricas. Ao serem questionados sobre possíveis acidentes no final da aula, eles responderam que isso causa preocupação, mas que até hoje não tivemos no Brasil nenhum acidente com as usinas nucleares, como ocorreu em outros países.

8.5 Aula 5 – atividades argumentativas

8.5.1 Atividade I - debate

Esta aula foi dividida em dois momentos diferentes, o debate e a análise das reportagens. Os dados coletados foram então ser analisados de acordo com as respectivas salas. Esta aula contou com a presença de todos os alunos em ambas as turmas.

Cada classe foi dividida em dois grupos, o grupo pró (GP) e o grupo contra (GC) a utilização da Física nuclear pela sociedade. Os educandos, apesar de saberem do debate na aula anterior, só descobriram qual seria o posicionamento que deveriam adotar no início do debate. Foram chamadas duas pessoas do quadro de funcionários da escola para ajudarem na atividade, atuando como juízes, na intenção de mediar a discussão professor e de avaliar os argumentos apresentados, o professor e dois funcionários da escola.

Na turma amarela, o debate foi iniciado pelo grupo pró, que começou defendendo a utilização da energia nuclear. O grupo destacou a utilização da mesma na saúde em diagnósticos e tratamento de doenças; O GC ressaltou que a utilização da energia nuclear não significa que vai haver cura e que às vezes acaba fazendo mais mal do que bem os tratamentos com radiação. O GP respondeu como eles descobririam então uma lesão na coluna ou diagnosticariam um membro quebrado sem o raio-X. E que dentre os possíveis tratamentos contra o câncer, a radioterapia é localizada e, apesar dos desconfortos, é uma das melhores alternativas em termos de eficácia, provocando provoca menos efeitos colaterais do que a quimioterapia.

O GC ressaltou que ao se utilizar esse tipo de energia, devido à necessidade de descarte de resíduos radioativos, um dos perigos que estes representam para a sociedade é a possibilidade de se ter câncer já que este ataca as células, sem contar os danos ao ambiente, e da utilização em armamentos e dos perigos desses. O grupo pró utilizou o fato de que nas guerras várias armas são construídas e milhares de pessoas morrem diariamente; na opinião deles apesar de trágica a utilização das bombas nucleares pois um fim mais rápido a Segunda Guerra Mundial e completaram dizendo que, apesar do grande número de mortes inocentes, se comparados ao número maior de mortes que teriam se essa guerra perdurasse por mais tempo, foi uma decisão sábia de se tomar.

O grupo contra afirmou que nenhuma outra arma impossibilitaria o uso das terras por anos devido à radioatividade, assim como ocorre nos vazamentos nas usinas nucleares. Ainda compararam o poder de destruição de armas nucleares com outros tipos de bombas e mísseis, mostrando que até mesmo a bomba nuclear de menor potência construída até hoje é muito mais perigosa do que vários TNT's (trinitrotolueno, um tipo de explosivo) juntos.

O grupo pró afirmou que as armas e usinas são construídas pelos homens, que são suscetíveis a erros e que problemas ocorrem também em outras usinas, mas que por falta de conhecimento tendem a transformar a Física nuclear como um todo como vilã por não conhecerem. Citaram o exemplo do acidente em Goiânia e como esse poderia ter sido evitado se a população soubesse com o que lidava, ou se a clínica tivesse mais responsabilidade e fizesse o que era correto. Mas questionou o grupo contra se eles estariam dispostos a abrir mão da longa validade de determinados alimentos, que só é possível devido à utilização de radiação, e com isso lidar com um grande aumento dos preços nos mercados.

Os que eram contra utilizaram, o já mencionado fato, de que os seres humanos são suscetíveis a erros e como são esses que utilizam Física nuclear e governam, nunca estaríamos realmente assegurados que nenhum país teria uma arma nuclear. O GP então ressaltou os vários e possíveis acordos antinucleares para que isso não ocorra, enquanto o GC lembrou que vários acordos políticos são quebrados e que ninguém pode garantir que já não tenham sido construídas as armas nucleares só não foram usadas ainda. O grupo contra aproveitou para informar as consequências do acidente de Fukushima, que poderia ter sido evitado ao fortalecer a construção para terremotos maiores na escala Richter, enquanto o grupo pró afirmou que durante suas pesquisas nenhuma morte foi causada pelo vazamento de radiação da usina, apesar de admitirem que esse foi um erro humano.

O grupo contra falou sobre a grande exposição à radiação de forma descontrolada e dos perigos a saúde que esta pode causar. O grupo pró afirmou que estamos expostos à radiação diariamente, a exposição descontrolada pode ocorrer de qualquer forma já que elementos radioativos estão presentes na natureza.

O grupo contra falou de prisioneiros que eram obrigados a trabalhar em uma usina nuclear e escavando materiais radioativos no século XX, com a intenção de diminuir a pena mas que não existe relato que algum havia saído com vida. Apesar de terem usado como argumento, não consegui verificar se as informações eram verdadeiras.

O grupo pró falou que crueldades contra a humanidade são encontradas em todas as formas, citaram o exemplo dos nazistas e de homens que colocaram fogo em mendigos por achar que estavam limpando as ruas assim. E defendeu que apesar dos riscos é uma das usinas mais limpas e que ocupam menos espaços e que apesar de mais cara do que nas hidrelétricas possui menos impacto social.

Como a partir daí os grupos começaram a repetir os argumentos, o debate foi finalizado. Foi considerado empate, já que a supervisora e a professora de apoio não conseguiram entrar em consenso e por isso a decisão veio para mim e considerei o grupo pró vencedor. Isso se deu, pela clareza com que apresentaram os argumentos, sua preparação para sempre rebater de forma

inteligente o outro grupo, que por sua vez se tornou repetitivo em seus argumentos e encontrava dificuldade em rebater as afirmações do grupo a favor. Ambos os grupos se dedicaram, pesquisaram fora do horário de aula e todos participaram, mesmos os mais tímidos acabaram ajudando seus colegas não somente com a pesquisa como costumam fazer, mas participaram. O mais interessante é que após o debate pedi que os alunos revelassem suas opiniões sobre a utilização da Física nuclear e foi algo que impressionou até mesmo a supervisora e a professora de apoio, pois estes em sua maioria eram a favor da energia nuclear, desde que não houvesse a produção de armas ou então neutros a mesma.

Para o debate na turma Branca, novamente os alunos foram divididos entre grupo pró e grupo contra e foram mantidas as duas pessoas para assistirem, auxiliando a escolher o lado vencedor. No entanto, os alunos do grupo contra tiveram uma maior dificuldade para defender um ponto de vista contrário ao que possuíam e acabaram apresentando aspectos opostos aos que deveriam defender.

O grupo contra começou expondo os perigos ao ambiente de se usar a Física nuclear, devido à liberação de radiações e também as doenças que podem ser contraídas pelo ser humano devido a uma exposição descontrolada, enquanto o grupo pró argumentou que as doenças por eles citados, tais como câncer, não podiam ser explicados simplesmente pela exposição à radiação. Estes ressaltaram ainda que os benefícios são maiores que os malefícios que a Física nuclear apresenta (contudo não falaram quais seriam esses).

O grupo contra falou das usinas nucleares para produção de energia elétrica, que têm um valor mais elevado para a produção de energia do que as hidrelétricas e apresentam riscos maiores, como vazamentos, e até dificuldades para o descarte dos lixos radioativos, que precisam ser descartados de alguma forma e podem prejudicar o ambiente se não for feito de maneira correta. O GP defendeu que não são todos os países que conseguem gerar energia por meio de hidrelétricas e que essas precisam alterar mais o ambiente para serem construídas. O grupo contra voltou a falar sobre os perigos do câncer e o pró contra-atacou que não podem atribuir o câncer à energia nuclear, a menos que seja para falar que esta auxilia no tratamento, pois a exposição à radiação não significa que contrairá a doença.

O debate então foi encerrado devido à falta de argumentos em ambas as equipes, ocorreu uma unanimidade na escolha do grupo que estava melhor preparado, sendo este o grupo pró.

8.5.2 Atividade II-análise de reportagens

Na segunda atividade da quinta aula, as turmas foram divididas em grupos, totalizando 14 grupos, nas turmas como um todo.

Todos os grupos, perceberam que na reportagem 1²⁹ (GREENPEACE) o repórter demonstra grande parcialidade, expondo apenas aspectos negativos da utilização da energia nuclear; no entanto, dos 14 grupos, apenas 2 perceberam uma afirmação errônea na reportagem. Ambos os grupos que detectaram o erro, faziam parte da turma Amarela e fizeram questão de destacá-lo, como pode ser observado no trecho, abaixo:

Energia limpa é por definição aquela que não polui o ambiente, quando o autor fala que a energia nuclear não é limpa por causa da forma com é feita a construção das usinas nucleares, ele está usando outros argumentos para classificar, uma energia em limpa ou não e fazendo isso, ele acaba por nos fazer acreditar que em seu modo de vista provavelmente não há energia limpa, já que todas as usinas precisam ser construídas... GRUPO 7

Na segunda reportagem³⁰, entrevista com o então ministro brasileiro, Laércio Antônio Vinhas, todos os alunos responderam que ele foi imparcial, pois apresentou os pontos positivos e os que segundo ele merecem um cuidado para que não se tenha problemas relacionados à construção de armas. Apenas um grupo, no entanto, acreditou no que foi dito e defendeu que com o controle correto a construção de armas nucleares poderia sim ser evitada. Todos os outros grupos, apesar de acreditarem que o ministro apresentou aspectos tanto positivos quanto negativos, relataram que acreditam ser impossível tal controle. Por isso, na opinião deles, ao responder daquela forma, estava tentando fazer parecer uma boa opção para a sociedade que estava com medo e que desconhecia a real situação.

A terceira reportagem³¹ trabalhada foi sobre o acidente do césio-137 em Goiânia. Dois grupos responderam que esta reportagem era parcial, pois só apresentou os aspectos negativos, sendo um grupo de cada turma. Esses grupos chegam a afirmar que:

O acidente só ocorreu por falta de conhecimento e informação das pessoas, porque se soubessem o que era aquilo e as possíveis consequências por manusear materiais radioativos não teriam feito. GRUPO 7 (turma Amarela)

Essa reportagem é parcial, por apresentar apenas aspectos negativos, de um jeito que não faz parecer que a culpa foi devido ao descarte incorreto dos materiais radioativos e da falta de conhecimento da população. GRUPO 2 (turma Branca)

Já os outros 12 grupos, indicaram esta reportagem como imparcial, pois simplesmente relata os fatos que aconteceram, assim como suas repercussões. Dentre esses, doze grupos, porém, um grupo destacou que:

A gente acredita que a reportagem foi imparcial, ao contar o que aconteceu mas afirmar sobre a morte das vítimas pode ter cometido um erro, porque

29 Anexo – página 109

30 Anexo – página 111

31 Anexo – página 113

apesar de ser possível sim que o senhor Devair tenha morrido por ter sido exposto a radiação, sete anos depois que essa exposição ocorreu, não pode-se afirmar com plena e total certeza que esse foi o motivo. GRUPO 1 (turma Branca)

Apesar de todos os grupos terem tido acesso aos mesmos textos em íntegra, suas interpretações se diferenciaram entre si, como pode ser observado nos trechos acima. Por esse motivo, conseguimos observar que os sentidos formados foram diferentes, já que “é no significado da palavra que o pensamento e a fala se unem em pensamento verbal” (Vygotsky (1996, p. 4), formando assim as concepções dentro do contexto inserido, desenvolvendo dessa forma os sentidos dos estudantes sobre o tema abordado.

Após a realização das atividades, assim como nas aulas anteriores, foi feita uma discussão com a turma. Na intenção de solucionar algumas dúvidas que surgiram nessa aula. Voltamos aos conceitos, já que alguns mal entendidos surgiram sobre ao se prepararem para o debate.

Para finalizar as atividades conceituais, foi perguntado aos alunos sua opinião, sobre a utilização da Física nuclear. Dentre os 46 alunos: uma maioria encontrou pontos favoráveis e justifica dessa forma a utilização da Física Nuclear, possuindo algumas ressalvas quanto a produção de energia e armamentos bélicos; 6 estudantes totalmente contra a utilização de quaisquer aplicações a Física Nuclear, e acreditam que é possível e mais interessantes encontrar substitutos menos perigosos e ainda 5 estudantes que defendem a utilização das aplicações da Física Nuclear inclusive para armamentos bélicos.

No diálogo final na turma Amarela, notamos algumas destas posições:

Aluna EM - Obviamente as aplicações vão além de tudo que eu imaginava e muitas delas são benéficas para a gente, mas ainda tenho certa insegurança na utilização da Física nuclear devido aos riscos.

Aluno JP – Mas não faz sentido abrir mãos de várias aplicações, por causa do perigo.

Aluno X – Se abrissemos mão, eu não teria o tratamento de radioterapia. Acredito que a forma que vai ser utilizada deve ser bem controlada pelo governo mas ela se faz necessária pra gente.

Aluno JP – Lógico né, não queremos construir e usar armas nucleares.

Aluno MD – Na verdade, acho que seria interessante o Brasil investir tanto na utilização das usinas nucleares, quanto na produção de armamentos bélicos.

Professora: Porque motivo?

Aluno MD – Se tiver uma nova guerra, o Brasil não vai aguentar a luta, precisamos de armas mais potentes.

Aluno V – Eu sou contra a utilização em qualquer circunstância, principalmente para construção de armas, isso só voltaria mais atenção e seríamos o inimigo a ser batido.

Professora – Nesse ponto, eu concordo com você. No entanto, vejo grande valia na utilização da Física Nuclear, na medicina por exemplo como o X já falou então por isso acho que simplesmente ignorar esses estudos não sou a solução.

Aluno Y – Mas e se mais pra frente essa utilização na medicina se tornar um problema?

Professora – Creio que com as pesquisas na área de Física Nuclear, suas aplicações com o passar dos anos acabem por aumentar e não diminuir.

Professora – Vocês acham que a população seria contra a esse aumento?

Aluna E – Acho que se compreendessem não mas como não tem informação sobre isso, acho que vão ser contra quando descobrirem.

Aluno JP – Como não sabem sobre a Física Nuclear, a gente ouve sobre isso na TV, o povo lê nos jornais.

Aluna B – É mas não todas as aplicações, você não viu a dona (aqui eles se referem a professora de apoio), ficou morrendo de medo.

Professora – Vocês acham que tem como mudar essa situação?

Aluna E – Acho que sim, com panfletos, nas escolas, cartazes, filmes para a conscientizar as pessoas tanto dos perigos como das diversas aplicações.

Aluna J – Só que não vejo isso acontecendo, ter formas tem mas se não foi feito até hoje.

Professora – Mas vários pesquisadores e professores tem tentado trazer esse tema para a sala de aula.

Aluna E – Mas nem todo mundo frequenta a escola, tem os que já terminaram e mesmo algumas crianças que precisam trabalhar.

Aluna E – Então seria obrigação do governo, mas eles não parecem ter interesse até pelo menos acontecer um novo acidente.

8.6 Aula 6 - Encenação

Por acontecer fora do horário de aula, essa atividade mostrou o quanto eles ficaram empolgados, já que foram em outro turno para realizar ensaios. Marcaram encontros extras entre os grupos para realizar estudos sobre o personagem que lhes ficara designado.

Acredito que grande parte do nosso público seja estimulada a ir mais fundo no assunto da peça. Tem gente que acha que contar a vida de Einstein em uma hora e dez é ser reducionista. Mas eu diria que não há perdas nessa redução... Antes de Uma mente brilhante, por exemplo, ninguém sabia quem era John Nash, um matemático que revolucionou as teorias econômicas. Incrível! A arte tem esse dom de provocar, de despertar as pessoas, algo mais que o seu dia-a-dia lhe oferece (Palma, 2006, p. 238).

O resultado mostrou grande investimento de tempo por parte dos alunos, contudo devido a problemas no calendário e ainda pela timidez de alguns eles preferiram apresentar o teatro dentro da sala de aula. Foi interessante, além de ver o grande empenho dos estudantes para a apresentação, quanto a utilização de suas criatividade para fazê-lo. Na turma Amarela, os alunos resolveram atuar como zumbis, estavam maquiados e se divertiram bastante; enquanto na turma branca resolveram atuar com roupas mais formais, com o intento de representar as vestes de antigamente. A desenvoltura de alguns estudantes, inclusive a dos mais tímidos, na apresentação da peça foi surpreendente. Essa atividade mais que as outras atividades em grupo, favoreceu o trabalho em grupo e uniu mais a turma. Desde a leitura inicial, foi possível observar como o teatro favorecia a abordagem do conteúdo, aparecendo como uma alternativa na maneira como são trabalhadas as temáticas científicas contribuindo para um apelo artístico e lúdico: “O que o teatro faz é pensar a

nossa existência, a nossa vida; se a ciência faz parte da nossa vida, então ela tem que estar no teatro” (Palma, 2006, p. 234). É importante ressaltar que a atividade não contém em seu quadro atores profissionais, as esquetes são encenadas por estudantes.

8.7 Comentários da professora/ pesquisadora

Faz-se importante relatar que antes de dar início às atividades da sequência didática aqui apresentada, houve uma nova divisão das turmas feitas pela secretaria, devido aos problemas de comportamento durante as aulas com alunos de ambas as turmas. Mas isso causou na turma Branca, uma certa revolta, pois consideraram que estavam sendo injustiçados devido à forma como foi feita a redistribuição. Ao iniciar essas atividades essa turma estava tendo sérios problemas de comportamento e ainda problemas com faltas excessivas de alguns alunos específicos, por isso uma grande ausência em algumas aulas.

No decorrer da aula inicial, era imaginável que eles estranhariam as atividades desenvolvidas, já que fugiam do padrão que estavam acostumados, mas a aceitação e participação foram excelentes. O ponto de maior dificuldade na primeira aula para os alunos foi responder ao questionário inicial, pois se sentiam, segundo eles mesmos, pressionados a acertar, deixando bem claro que este comentário foi feito após o término de todas as atividades. Segundo eles, isso não foi devido à postura na sala de aula, ou por qualquer comentário feito na hora, e sim pelo costume. Fora isso, o decorrer da aula foi de forma tranquila.

Na segunda aula, a agitação dos alunos estava maior, ansiosos pelas atividades que viriam, e no desenrolar dessas a animação não diminuiu. Como professora/pesquisadora, a aula acabou me apresentando um certo desafio durante as discussões finais, pois a falta de interações desse tipo fez com que a maioria dos alunos quisessem impor suas opiniões e todos falavam ao mesmo tempo. Por isso foi necessário intervir e mediar as discussões para que ocorressem de forma tranquila.

Já na terceira aula, por esta abordar um conceito físico mais abstrato, os alunos apresentaram certa dificuldade de compreensão, mas ao final conseguiram adquirir uma base sólida sobre a fissão nuclear. A agitação da turma também era maior, mas não devido às atividades e sim por terem sido colocadas juntas. Essa aula não havia sido elaborada pensando nisso, contudo, por um imprevisto, se tornou necessário.

Na quarta aula a participação foi maior do que nas anteriores, pois ao falar da produção de energia através das usinas nucleares. Despertou a curiosidade e questionamentos dos alunos quanto: às diversas reportagens que já assistiram, sobre os problemas gerados pelos acidentes. Essas reportagens os deixaram assustados e uma grande maioria chegou com muitos receios. O que piorou quando durante a aula falei sobre a existência de usinas nucleares no Brasil, fato que desconheciam.

A quinta aula, em ambas as turmas, para o debate, os alunos foram divididos aleatoriamente, de maneira proposital, sem levar em consideração a opinião prévia deles. A intenção era a de que, independentemente das opiniões deles, deveriam conhecer todos os aspectos possíveis e aprender a respeitar as opiniões alheias. Na turma Amarela o tempo para as atividades não foi suficiente, para emitirem opiniões, por isso foi utilizada o trecho da aula de outro professor para dar continuidade e finalizar as atividades. Seja por: timidez, medo de represálias por parte dos professores inicialmente estavam com dificuldades para se expressarem. Todos os alunos fizeram extensas pesquisas em casa, e a maioria participou do debate. Por esse motivo foram usados dois tempos de 50 minutos para esta aula. Já na turma B o tempo foi suficiente para a realização das atividades.

Vale destacar que, foi possível observar através das diversas discussões, que ocorreram no decorrer das aulas. Nas quais foram abordados os diferentes sentidos atribuídos a Física Nuclear, os alunos foram se apropriando do significado propriamente, sem distorções. Essa apropriação tendo sido feita, utilizando dos conceitos e aplicações e não apenas baseada em opiniões.

Foi possível observar, que em ambas as turmas, a participação dos alunos no decorrer das aulas aumentou. A forma como estas foram realizadas diminuiu o medo de se expressarem, que era uma dificuldade, pois muitos tinham vergonha e/ou medo de questionarem, tirarem as dúvidas e alunos. Foi notada uma evolução também na escrita, já que muitos alunos que inicialmente davam respostas simples e diretas como sim ou não, começaram a escrever e detalhar mais, conseguindo explicar o que desejavam, diminuindo até mesmo alguns erros de português. Mas o costume de abreviação de palavras como ocorrem em algumas redes sociais, para tornar a escrita mais rápida ou por preguiça, ainda se mantiveram até o final do ano.

Outro ponto importante é que os próprios alunos, no decorrer das atividades e discussões, conseguiram observar a relação entre a ciência, tecnologia, sociedade e até mesmo o ambiente. Explicitaram isso várias vezes e compreenderam que uma interfere na outra e até mesmo enxergaram uma dependência entre essas. Esse resultado se torna mais interessante pelo fato de que em nenhum momento como professora/pesquisadora citei ou dei foco à interação CTSA. Os próprios alunos, sem precisarem ter essa ideia imposta a eles, conseguiram observá-la ao desenvolverem os seus sentidos e significados enquanto construíram seu conhecimento. Mostrando, ainda, que a Física que eles veem nas salas de aulas faz parte da realidade deles e é importante de se conhecer.

Outro ponto interessante foi que os alunos destacaram o fato que conhecer mais sobre como essa área da Física se desenvolveu permitiu que eles vissem que os cientistas eram pessoas comuns e que tinham problemas reais como qualquer um.

Foi notável também que os estudantes ganharam mais confiança e com isso aprenderam a se colocar mais. Inicialmente, se um colega um pouco mais confiante ou autoritário, discordasse do

que estavam dizendo, a maioria voltava atrás em sua resposta, para concordar, ou seja, para não ficar contra ou por medo de errar. Ainda nesse sentido, muitos alunos tinham vergonha de serem os primeiros a comentarem pelos mesmos motivos. Nas últimas aulas defendiam firmemente suas opiniões até mesmo contra mim.

Vários alunos, ao verem vários aspectos e aplicações da Física nuclear, mudaram suas opiniões sobre ela ser prejudicial e perigosa. A maioria se tornou neutro ou favoráveis a ela. Apesar de enxergarem vantagens nela, continuaram possuindo certo receio devido aos armamentos.

Foi possível, ainda, observar uma melhora de comportamento dos estudantes em ambas as turmas, que se manteve mesmo após o fim da sequência didática.

Por último, vale acrescentar que por mais curiosos e interessados que os alunos estivessem na minha opinião, mantive-me o mais neutra possível no decorrer das aulas e em nenhum momento explicito meu ponto de vista, apenas ao final da última aula, quando todas as atividades já haviam sido realizadas, eu abri um espaço para que eles me questionassem sobre isso e respondi abertamente, alguns até debateram comigo não concordando com a minha opinião.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com o desenvolvimento da sequência didática, foi possível perceber que o estudo de temas de FMC no Ensino Médio pode desencadear no estudante uma visão mais ampla do ensino da Física, como foi constatado no caso da Física Nuclear. A estreita relação entre ciência e tecnologia ficou mais evidenciada para os alunos, que perceberam a influência que a ciência teve, e tem na nossa sociedade. Portanto, ao desenvolver os conteúdos relacionados à Física Nuclear, evidenciamos a importância e a necessidade de uma atualização curricular, considerando a inserção de temas mais atuais de Física nos programas da educação básica, em particular, a Física do século XX. Identificamos a potencialidade do tema trabalhado, mas não podemos desconsiderar as estratégias de ensino adotadas e a perspectiva de adotarmos a abordagem histórica. Tema, estratégias e abordagem favoreceram a participação ativa dos alunos, interagindo com os colegas, professor e conceitos. Os aspectos relacionados ao envolvimento dos alunos durante as atividades foram percebidas, mas também evidenciadas quando comparadas ao envolvimento deles em atividades anteriores. Acreditando na dialogicidade como essencial na construção do conhecimento, consideramos como um dos maiores ganhos no desenvolvimento do trabalho a transformação dos alunos de alunos passivos para alunos participativos, sem receio de se expressarem e de perguntarem durante as aulas, comportamento que se manteve até o final do ano letivo. Como consequência, as habilidades para se comunicar e expor suas opiniões com uma maior eloquência também sofreram uma influência positiva.

Quanto ao objetivo de nossa pesquisa, reconhecemos que a proposta da sequência didática foi de fato eficaz para o desenvolvimento dos sentidos e significados, de acordo com a perspectiva de Vygotsky, sobre o tema Física Nuclear. O desenvolvimento de sentidos e significados a partir de informações privilegiadas, fundamentadas em conhecimentos científicos é de fundamental importância na formação de cidadãos que participam ativamente na vida em sociedade. Durante o processo de ensino/aprendizagem aspectos atitudinais também foram desenvolvidos, como aprender a respeitar as opiniões alheias, mesmo sem concordar com elas, mas um respeito crítico, exigindo explicações atreladas às opiniões, não aceitando tudo que ouve como verdade inquestionável.

No decorrer do ano foi possível observar que eles estavam mais críticos e questionadores. Contudo, a opinião do professor, ainda era tida em grande valia, por isso fiz questão de não expressar minhas opiniões durante as atividades realizadas na SD e isso mostra-se um ponto necessário para que os professores tomem certo cuidado. Vale ressaltar que apesar de não expressar minhas opiniões, tomei cuidado para não deixar que saíssem com impressões erradas ou distorcidas sobre os temas abordados sempre questionando, para que eu compreendesse como o estudante

chegou naquela visão errônea e que os alunos observassem o erro ou contradição no que falavam. Por vezes a partir das discussões com outros colegas eles já se davam conta e com isso não era necessária minha interferência.

Uma situação um tanto quanto contraditória, é a percepção de um grande número de alunos com postura mais crítica, porém mantendo uma fixação sobre o que era certo ou errado, principalmente em relação às atitudes dos cientistas. Apesar da opinião de alguns estudantes terem mudado no decorrer das atividades, essas ainda se mantiveram muito específicas quanto ao certo ou errado não encontrando meio termo.

Diante desses aspectos positivos, consideramos que a abordagem dos conceitos de Física nuclear no primeiro ano do ensino médio se mostra não somente uma opção viável mas muito proveitosa para o processo de ensino/aprendizagem.

Como professora/pesquisadora, o desenvolvimento dessa pesquisa em sala de aula, foi imensamente gratificante, apesar dos pequenos contratemplos. Esse sentimento, é principalmente devido a participação dos estudantes, pois por inúmeras vezes a falta de interesse acaba sendo desmotivante para nós como professores. Mesmo já fazendo uso, em minhas aulas, de aulas dialogadas, buscando abrir espaços para discussões sobre os conceitos, a pesquisa fez com que essa prática se enfatizasse, tornando-se mais consciente. Os resultados surtiram efeito não apenas no que refere-se às questões de ensino, mas também nas relações interpessoais, não só dentro da sala de aula, mas no convívio em todo o ambiente escolar. Não foi fácil conciliar o curso, a pesquisa e o emprego, apesar desses estarem relacionados. Porém, os resultados conquistados com o trabalho e os aprendizados que obtive no mestrado, apontam como foi compensador.

10 REFERÊNCIAS

- BAGDONAS, A. História da ciência para o ensino de Física como cultura: debates sobre a neutralidade da ciência no período entreguerras. In: Martins, André Ferrer. (Org.). Física, Cultura e Ensino de Ciências.. 1ed.São Paulo: Editora Livraria da Física, 2019, v. , p. 195-214.
- BAGDONAS, A; ZANETIC, J; GURGEL, I; Controvérsias sobre a natureza da ciência como enfoque curricular para o ensino da Física: o ensino de história da cosmologia por meio de um jogo didático. Revista Brasileira de História da Ciência, Rio de Janeiro, v. 7, n. 2, p. 242-260, 2014
- BARRETO, B.; XAVIER, C. **Física aula por aula** 3ª Ed. FTD, São Paulo, 2016
- BRASIL, Ministério da Educação e Cultura, República Federativa do Brasil. Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio. Brasília: MEC, 2000.
- BRASIL, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. PCN+: Ensino Médio-orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais Brasília: MEC, 2002.
- BRASIL, Secretaria da Educação Média e Tecnológica. PCNEM: Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio. Brasília: MEC, 2002.
- BONADIMAN, H; NONENMACHER, S. E. B.; O gostar e o aprender no ensino de Física: uma proposta metodológica. Caderno Catarinense de Ensino de Física,, v. 24, n. 2: p. 194-223, ago. 2007.
- BONJORNO; CASEMIRO; CLINTON; PRADO, E. **Física**, 3ª edição, FTD, São Paulo, 2016.
- BROCKINGTON, Guilherme; PIETROCOLA, Maurício. Serão as regras da transposição aplicáveis aos conceitos de Física moderna. In: Atas do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. São Paulo: SBF, 2004.
- CAMARGO, A.J. A introdução de Física moderna no 2º grau: obstáculos e possibilidades. Dissertação de mestrado. Florianópolis, UFSC, 1996.
- CARRON; GUIMARÃES; PIQUEIRA. **Física**, 3ª Ed. Editora Ática, São Paulo, 2016.
- CHERMAN, A. **Sobre os Ombros de Gigantes: uma História da Física**. Ed. 1. Editora da Universidade de São Paulo, 2004.
- COSTAS, F. A. T.; FERREIRA, L. S. Sentido, significado e mediação em Vygotsky: implicações para a constituição do processo de leitura. Revista Iberoamericana de educación. N.º 55, 2011.
- CRUZ, F. F. de Souza. Radioatividade e o acidente de Goiânia. Caderno Catarinense de Ensino de Física, Florianópolis, v. 4, n. 3, p. 164 – 169, dez. 1987.
- FILHO, A. G.; TOSCANO, C. **Física: Interação E Tecnologia**. 2ª edição, LEYA, 2016.
- FORATO, Thaís. A natureza da ciência como um saber escolar: um estudo de caso a partir da história da luz. 2009. 220 f. Tese (Doutorado) - USP, São Paulo, 2009.

FORATO, Thaís et. al. História da Ciência e religião: uma proposta para discutir a natureza da ciência. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/snef/xvii/sys/resumos/T0190-1.pdf>
Acessado em 04 de julho de 2017.

FUKE; KAZUHITO. **Física PARA O ENSINO MÉDIO**, 4ª Ed. Saraiva Educação,2016.

GASPAR, A. Compreendendo a Física, 3ª Ed. Editora ÁTICA, São Paulo, 2016.

GERHARDT, T. E; SILVEIRA, D. T (ORGS). **Métodos de pesquisa**. UAB/UFRGS SEAD/UFRGS Porto Alegre: Editora da UFRGS, 2009.

GUALTER; HELOU; NEWTON. **Física**, 3ª Ed. Saraiva Educação,2016.

GUERRA, A; REIS, J. C; BRAGA, M. A teoria da relatividade restrita e geral no programa de mecânica do Ensino Médio: uma possível abordagem. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 4, p. 575-583, (2007).

JAPIASSU, Hilton. **A pedagogia da incerteza**. Rio de Janeiro: Imago, 1983.

MACHADO, Daniel Iria; NARDI, Roberto. Avaliação de um sistema hipermídia enquanto recurso didático para o ensino de conceitos de Física Moderna e sobre a natureza a Ciência. In: Atas do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. São Paulo: SBF, 2006.

MARTINS, A. F. P; História e filosofia da ciência no ensino: há muitas pedras nesse caminho. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 24, n. 1: p. 112-131, abr. 2007.

MATTHEWS, M. R. História, filosofia e ensino de ciências: a tendência atual de reaproximação. Caderno Catarinense de Ensino de Física, v. 12, n. 3, p. 164-214, Florianópolis, 1995.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B.; GUIMARÃES, C. Física: Contexto & Aplicações. 2ª Ed. Scipione, São Paulo, 2016.

MEDINA, M; BRAGA, M. Teatro como ferramenta de aprendizagem da Física e de problematização da natureza da ciência. Cad. Bras. Ens. Fís., v. 27, n. 2: p. 313-333, ago. 2010.

MENEZES, L. C.; HOSOUME, Y. Para lidar com o mundo real, a Física escolar também precisa ser quântica. Atas do XII SNEF. P. 282-287, Jan. 1997.

MENEZES, L. C. **Física para a escola do século XXI - Cultura, trabalho, ambiente e energia**. In: GARCIA, Nilson Marcos dias. A pesquisa em ensino de Física e a sala de aula: articulações necessárias. São Paulo: Editora da Sociedade Brasileira de Física, 2010.

MORAES, R; GALIAZZI, M. C. Análise textual discursiva: processo construído de múltiplas faces. Ciência & Educação, v.12, n.1, p.117-128, 2006.

MORAES, R; GALIAZZI, M. C. **Análise Textual Discursiva**. Ijuí: Editora Unijuí, 2011.

MORAES, R. Uma tempestade de luz: a compreensão possibilitada pela análise textual discursiva. Ciência & Educação, v.9, n. 2, p.191-211, 2003.

OLIVEIRA, M K. **Vygotsky: aprendizado e desenvolvimento - um processo socio-historico**. [S.l: s.n.], 1992.

OSTERMANN, F; MOREIRA, M. A.; Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física moderna e contemporânea no ensino médio” *Investigações em Ensino de Ciências – V5(1)*, p. 23-48, 2000.

PALMA, C. Arte e ciência no palco. Entrevista concedida a Luisa Massarani e Carla Almeida. *História, Ciências, Saúde; Manguinhos*, vol. 13 (suplemento), p. 233-46, out. 2006.

PAULO, I. J. C. de. Elementos para uma proposta de inserção de tópicos de Física moderna no ensino de nível médio. Cuiabá: Instituto de Educação – UFMT, 1997. Diss. Mestr. Educação.

PEREIRA, O. S.; HAMBURGER, E. W. Raios cósmicos: introduzindo Física moderna no 2º grau. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1997.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino de Física moderna e contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 14, n. 3, 2009.

PEREIRA, E. F., & TOLFO, S. R. (2016). Estudos sobre sentidos e significados do trabalho na psicologia: uma revisão das suas bases teórico-epistemológicas. *Psicologia Argumento*. 34(86), 302-317. doi: 10.7213/psicol.argum.34.087.AO02.

PEREZ, José Rafael Boesso; CALUZI, João José. $E=mc^2$ Ensino médio e divulgação. In: Atas do IX Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. São Paulo: SBF, 2004.

PINTO, A. C.; ZANETIC, J. É possível levar a Física quântica para o ensino médio? *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.16, n.1, 1999.

POGIBIN, A.; PIETROCOLA, M.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R. **Física – Ciência E Tecnologia**, 4ª edição, MODERNA, São Paulo, 2016.

PUGLIESE, R. M. O trabalho do professor de Física no ensino médio: um retrato da realidade, da vontade e da necessidade nos âmbitos socioeconômico e metodológico. *Ciênc. Educ.*, Bauru, v. 23, n. 4, p. 963-978, 2017

RICARDO, E. C. e FREIRE, J. C. A. A Concepção dos Alunos Sobre a Física do Ensino Médio: um estudo exploratório. *Revista Brasileira de Ensino Física*. vol.29, n.2, 2007.

SANT'ANNA. B; MARTINI, G; REIS, H. C.; SPINELLI, W.; **Conexões com a Física**. Ed. 3; MODERNA, São Paulo, 2016.

SANTOS, W. L. P; MORTIMER, E. F.; Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto da educação brasileira. *Ensaio -Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 2 / n. 2, p. 110-132, 2002.

SILVA; ARENGHI; LINO, Porque inserir Física moderna e contemporânea no ensino médio? Uma revisão das justificativas dos trabalhos acadêmicos *Revista Brasileira de Ensino de C&T.*, vol 6, núm. 1, jan-abr.2013.

SOUZA, V.L.T.; ANDRADA, P.C. Vygotsky's contributions for understanding the psyche. *Estudos de Psicologia*, 30(3), p.355-365, 2013.

SOUZA, D. A.; CUNHA, C. V. A. Física NUCLEAR NO ENSINO MÉDIO: UMA SEQUÊNCIA DIDÁTICA COM ENFOQUE CTS. **Ensino em Foco**, [S.l.], v. 1, n. 2, p. 44 - 54, set. 2018. ISSN 2595-0479. Disponível em: <<https://publicacoes.ifba.edu.br/index.php/ensinoemfoco/article/view/492>>. Acesso em: 10 de nov. 2018.

STIEFEL, B. M. La naturaleza de la Ciencia em los enfoques CTS. *Alambique Didáctica de las Ciencias Experimentales*, n.3, jan. 1995, p. 19-29.

PUGLIESE, R. M. O trabalho do professor de Física no ensino médio: um retrato da realidade, da vontade e da necessidade nos âmbitos socioeconômico e metodológico. *Ciência e Educação*, Bauru, v. 23, n. 4, p. 963-978, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1516-731320170040006>

TERRAZZAN, E. A. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino de Física na escola de 2º grau. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, Florianópolis, v.9,n.3: p.209-214, dez.1992.

TERRAZZAN, E. A. Perspectivas para a inserção da Física moderna na escola média. Dissertação de mestrado. Instituto de Física e Faculdade de Educação - USP. São Paulo, 1994.

TORRES, C. M. A.; FERRARO, N. G.; SOARES, P. A. T.; PENTEADO, A. C. M. **Física – Ciência E Tecnologia**. 4ª edição, Moderna, São Paulo, 2016

VALADARES, E. C.; MOREIRA, A. M. Ensinando Física Moderna no segundo grau: Efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.15, n.2, 1998.

VÁLIO, A. B. M.; FUKUI, A.; NANI, A. P. S.; FERDINIAN, B.; OLIVEIRA, G. A.; MOLINA, M.M.; VENÊ; **Ser Protagonista**, 3ª edição, SM, 2016.

VIANA, D. R.; FILHO, J. A. C. Uma Análise de Applets de Física Moderna e Contemporânea para o Ensino Médio. In: *Atas do X Encontro de Pesquisa em Ensino de Física*. São Paulo: SBF, 2006.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e Linguagem** São Paulo: Martins Fontes, 1996.

VYGOTSKY, L. S. **A construção do pensamento e da linguagem**. Trad. Paulo Bezerra. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

VYGOTSKY, L. S. **A Formação Social da Mente**. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

VYGOTSKY, L. S. **Linguagem, desenvolvimento e aprendizagem**. 11ª edição. São Paulo: Ícone, 2010.

WAKS, L. J. (1990). Educación en ciencia, tecnología y sociedad: orígenes, desarrollos internacionales y desafíos actuales. In: MEDINA, M., SANMARTÍN, J. (Eds.). *Ciencia, tecnología y sociedad: estudios interdisciplinarios en la universidad, en la educación y en la gestión política y social*. Barcelona, Anthropos, Leioa: Universidad del País Vasco.

WILSON, B. Particle physics at A-level - a teacher's viewpoint. *Physics Education*, Bristol, v. 27, n. 2, p. 64-65, Mar. 1992.

ZANELLA, A. V. Reflexões sobre a atuação do(a) psicólogo(a) em contextos de escolarização formal. *Revista Psicologia Ciência e Profissão* [online]. 2003, vol.23, n.3, p.68-75. ISSN 1414-9893. <http://dx.doi.org/10.1590/S1414-98932003000300010>.

ZANETIC, J. Física e literatura: construindo uma ponte entre as duas culturas v. 13 (suplemento), p. 55-70, 2006.

ZANOTELLO, M.; ALMEIDA, M. J. P. M. Produção de sentidos e possibilidades de mediação na Física do ensino médio: leitura de um livro sobre Isaac Newton. Revista Brasileira de Ensino de Física, São Paulo, v. 29, n. 3, p. 437-446, 2007.

APÊNDICES

APÊNDICE I - SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Aula I – CONTEXTUALIZAÇÃO DA Física NUCLEAR

Conteúdo – Contexto Histórico desenvolvimento da Física Nuclear

● **Material de apoio para o professor** – História da Energia Nuclear, disponível em:

<http://www.cnen.gov.br/images/cnen/documentos/educativo/historia-da-energia-nuclear.pdf>

acessado em 01/08/2017

● **Objetivo de ensino** – introduzir o conteúdo de Física nuclear a partir de uma contextualização histórica do desenvolvimento da mesma.

● **Desenvolvimento:**

A aula está planejada para ser dividida em três momentos diferentes: conhecimentos prévios, desenvolvimento do conteúdo e ponderação. Com isso o desenvolvimento do aluno, poderá ser estimado aula a aula e o professor poderá observar possíveis dificuldades e tentar saná-las.

Atividade I:

A primeira atividade a ser realizada é um questionário de análise de conhecimentos prévios, que deverá ser respondido individualmente sem auxílio do professor ou de outros colegas.

Atividade II

O professor responsável, após o questionário pode separar a turma em 8 grupos, esses serão mantidos para o desenvolvimento das aulas seguintes. Cada grupo ficará responsável por um dos sete personagens, quanto a caracterização e encenação. O oitavo grupo, sendo formado por aquele que atuará como narrador e equipe técnica. Feito isso deverá ser feita a leitura em grupo da parte inicial da peça teatral.

Atividade III:

Questões a serem apresentadas ao final da leitura (individualmente):

- Você acredita que a Física nuclear, se desenvolveria sem a guerra?
- Com base no texto que leu, o que você pensa, sobre o posicionamento dos cientistas durante a guerra?
- Antes dessa aula, você conhecia algum dos personagens apresentados?

Atividade extraclasse:

Análise em grupo do personagem ou cenário pelo qual o grupo em questão ficou responsável, desenvolvendo assim uma caracterização para a encenação.

Para o professor

A proposta desta aula é que o professor atue como um mediador, evitando qualquer tipo de colaboração durante os momentos em que os alunos estejam respondendo as atividades. O questionário inicial tem o objetivo de facilitar sua análise de conhecimento prévios dos alunos, e deve ser recolhido para que possa compará-lo com os resultados após a sequência.

Após a aplicação do questionário, a ideia é separar a turma em grupos, para evitar um gasto de tempo desnecessário durante a aula, uma boa opção é fazer a divisão em casa. Aconselho levar em consideração o equilíbrio dos grupos. Cada um dos grupos, ficará responsável por caracterizar e representar um personagem ao final da peça. O narrador e a equipe para auxiliar no cenário também devem formar um grupo, totalizando assim oito diferentes grupos.

A leitura da peça foi planejada para ser feita internamente em cada grupo, mas a presença do professor é necessária para analisar a dedicação dos integrantes nesta atividade. Após ela os alunos poderão responder as questões referentes a terceira atividade, que está em anexo, estas foram concebidas para serem respondidas individualmente. Após essa etapa, sugiro ao professor promover uma discussão quanto aos assuntos abordados no questionamento e na peça, na intenção de compreender como a aula contribui para o desenvolvimento dos conhecimentos dos alunos e na formação de opinião.

É necessário ressaltar, que apesar de apresentar na peça contexto histórico as questões são de acordo com a opinião do aluno, então quanto a estas o professor não deve corrigir os mesmos, podendo questionar e se aprofundar apenas no conhecimento desenvolvido por eles.

Quanto a atividade extraclasse, a intenção da mesma é facilitar a caracterização e com isso a encenação, para estas estão disponíveis biografias que deverá entregar para o aluno, para que os mesmos analisem. Caso desejar que eles mesmo pesquisem é possível, contudo, cuidado com as informações desencontradas com as quais eles podem se deparar. Analise esta atividade assim, que lhe for entregue para que se for necessário converse com os grupos separadamente, de forma a auxiliá-los.

Aula II – RADIOATIVIDADE

● **Conteúdo** – Contexto Histórico e conceitual da radioatividade e radiação

● **Material de apoio para o professor** –

Descoberta da radioatividade, disponível em:

https://www.if.ufrgs.br/tex/fis142/fismod/mod06/m_s02.html acessado em: 07/08/2017

● **Material necessário** – Data show

● **Objetivo de ensino** – Introduzir o conceito de radiação e radioatividade.

● **Desenvolvimento:**

A aula está planejada para ser dividida em três momentos diferentes: contextualização, desenvolvimento e avaliação. Com isso o desenvolvimento do aluno, poderá ser estimado aula a aula e o professor poderá observar possíveis dificuldades e tentar saná-las.

Atividade I:

Esta aula, será iniciada fazendo a leitura da segunda parte da peça, nos grupos previamente estabelecidos.

Atividade II:

Por meio de uma aula expositiva dialogada, trabalhar os conceitos de radioatividade, radiação, decaimento Beta, Alfa e Gama. É interessante, que nesse momento faça-se a ligação com as informações contidas na peça teatral e estimule a participação do aluno na aula, de forma a auxiliar no desenvolvimento e compreensão do aluno.

Atividade III:

Questões a serem respondidas:

- Cite alguns malefícios e benefícios da radiação.
- A radioatividade é perigosa para a vida humana, porque?
- Como se deu o início do estudo da radioatividade?

Após as respostas o professor pode fazer uma discussão, na tentativa de sanar dúvidas e/ou curiosidades que possam ter ficado.

Atividade extraclasse:

Ensaio da peça, até a parte que foi apresentada aos alunos.

Para o professor

A aula foi planejada para ser iniciada com os grupos, formados na aula anterior, nesta primeira etapa o professor atuará novamente como um mediador, contudo, sua presença é necessária todo o tempo.

No segundo momento, a ideia é apresentar os conceitos promovendo uma aula expositiva, mas na qual os alunos tenham espaço para questionar e participar, tornando-os ativos no processo de aprendizagem. A intenção é trabalhar os conceitos de radiação e radioatividade diferenciando-os, definindo e mostrando aplicações dos mesmos. Está planejado que seja feita ainda a definição de decaimento beta, alfa e gama mostrando como cada um ocorre e diferenciando-os entre si. É interessante que se apresente aos alunos as questões quanto a exposição à radiação apresentando as possíveis decorrências.

Como sugestão, utilize os materiais disponíveis para elaborar sua aula, lembrando que esta deve ser uma abordagem conceitual, interessante fazer ligação com os momentos em que estes assuntos são apresentados na peça.

No momento final da aula, é recomendado que os alunos respondam as questões disponíveis, relativas aos conhecimentos trabalhados na aula, por meio da peça e da aula que foi desenvolvida. Na intenção de analisar o desempenho dos estudantes na mesma e a contribuição de cada atividade para este.

A atividade extraclasse, é proposta para que ocorra um ensaio da peça, que foi lida até o momento, aconselho que este seja feito para preparar melhor os alunos para a apresentação, e para isso o professor deve escolher um melhor momento para si e os alunos. Sugiro que o professor escolha neste momento, quem será o aluno de cada grupo que ficará responsável pela encenação, enquanto os outros o auxiliaram na construção do personagem.

Aula III – FISSÃO NUCLEAR

● Conteúdo – Contexto Histórico da fissão nuclear

Conceitos da fissão nuclear

Reação em cadeia

● Material de apoio para o professor –

É interessante para o professor neste ponto, se possível assistir antes o documentário que conta a história de Lise Meitner e Otto Hahn, disponível em: <https://archive.org/details/Lise.Meitner.e.Otto.HahnA.Historia.da.Fissao.Nuclear> acessado em 20/10/2017

Energia Nuclear – Fissão Nuclear disponível em: <https://pt.energia-nuclear.net/que-e-a-energia-nuclear/fissao-nuclear> acessado em: 22/10/2017

● Material necessário – Data show

● Objetivo de ensino – Introduzir o conceito de radiação e radioatividade.

Desenvolvimento:

A aula está planejada para ser dividida em três momentos diferentes: contextualização, desenvolvimento e avaliação. Com isso o desenvolvimento do aluno, poderá ser estimado aula a aula e o professor poderá observar possíveis dificuldades e tentar saná-las.

Atividade I:

Esta aula, está planejada para ser iniciada fazendo a leitura da terceira parte da peça, que trata da descoberta da fissão nuclear nos grupos previamente estabelecidos.

Atividade II:

Por meio de uma aula expositiva dialogada, trabalhar os conceitos de fissão nuclear. Para montar essa aula o professor pode utilizar se necessário os materiais fornecidos para apoio.

Atividade III:

Através de uma produção textual livre, o aluno redigir os conhecimentos e opiniões que desenvolveu nesta aula a partir da utilização do teatro e da explicação feita pelo professor.

Para o professor

É sugerido que o professor possibilite um espaço para a leitura da terceira parte do teatro, nos grupos estabelecidos, esta atividade deve demorar em média dez minutos. Como o assunto abordado nesta etapa é a fissão nuclear, um termo que provavelmente os alunos não se depararam anteriormente, pode haver maior questionamento sobre os mesmos, por esse motivo após a leitura explicar os conceitos. Para isso é aconselhável que utilize os materiais disponíveis e construa a aula, uma que aborde as definições de fissão nuclear explicando que esta é uma reação nuclear e como essa ocorre, reações em cadeia. Tendo previsto para esta etapa um tempo aproximado de 25 minutos.

Como atividade avaliativa para esta aula, está proposta uma atividade textual individual, na qual os alunos devem falar sobre o que aprenderam, os pontos mais marcantes e as opiniões formadas, a partir da leitura da peça teatral e da explicação feita pelo professor, o professor pode em cima dos textos ou das questões que este considerar mais importantes, promover discussões se ainda houver tempo.

Aula IV – ENERGIA NUCLEAR

● Conteúdo – Contexto Histórico da energia nuclear

Energia Nuclear

Aplicações da energia nuclear

● Material de apoio para o professor –

O que é energia nuclear, Disponível em: <https://pt.energia-nuclear.net/que-e-a-energia-nuclear> acessado em: 20/05/2017

Apostila Educativa Aplicações da Energia Nuclear disponível em: <http://bibliotecadigital.seplan.planejamento.gov.br/bitstream/handle/iditem/555/Aplicacao%20da%20Energia%20Nuclear.pdf?sequence=1> Acessado em: 20/05/2017

● Objetivo de ensino – Possibilitar a compreensão dos conceitos de energia nuclear.

● Desenvolvimento: Esta aula será baseada em três momentos distintos: introdução, desenvolvimento e avaliação.

Atividade I:

A proposta para esta aula, é novamente se iniciar fazendo a leitura da peça teatral para uma contextualização histórica, estando faltando apenas a parte final, esta será lida novamente nos grupos já formados.

Atividade II:

Nesta atividade, como os alunos quando possuem pouco domínio sobre a energia nuclear, é interessante que o professor elabore uma aula, na qual explique o conceito de energia nuclear, como ocorre a geração desta energia, os perigos e benefícios ao se utilizar a mesma, mostrando assim as aplicações. Para isso pode-se utilizar se necessário os materiais fornecidos para apoio do professor.

Atividade III:

Trata-se de uma atividade avaliativa, em forma de um texto livre sobre os conteúdos abordados nesta aula, quanto aos conceitos de energia nuclear e o contexto presente em toda a peça.

Atividade extraclasse:

Ensaio para o teatro

Para o professor:

A última parte da peça, fala sobre a energia nuclear e sua utilização, esta leitura será ainda mais breve do que as outras, sugere-se que esta atividade continue sendo feita nos grupos.

Em seguida, sugere-se que o professor elabore uma aula com abordagem conceitual sobre energia nuclear, sua geração, aplicações e aspectos positivos e negativos das mesmas. Dando destaque a utilização da energia nuclear no Brasil e fazendo sempre que possíveis conexões com a peça ao mostrar o desenvolvimento dos estudos desse tema, já que não somente a última parte faz menção a utilização da energia nuclear.

Na última etapa, é interessante que o professor peça aos alunos para escreverem suas compreensões e opiniões sobre a energia nuclear e suas utilizações individualmente, na tentativa de observar opiniões e a construção dos conceitos de cada um como indivíduo. Sugiro que o professor recolha estas atividades após a confecção e se houver dúvidas ou questionamentos tire-os nessa aula. O professor neste momento, deve tomar cuidado, para não induzir os alunos as respostas e também para não corrigir opiniões formadas pelos mesmos.

Se possível, é interessante que novamente o professor, em uma atividade extraclasse, ensaie a encenação e durante a mesma se dúvidas surgirem o professor pode auxiliar os alunos.

Aula V – Física NUCLEAR

● Conteúdo – Debate sobre utilização da Física nuclear

Análise de reportagens sobre energia nuclear.

● Material de apoio para o professor –

● Objetivo de ensino – Auxiliar na compreensão dos conceitos previamente explicados.

Desenvolvimento:

Esta aula será desenvolvida em dois momentos.

Atividade I:

Utilizando os grupos iniciais, esta atividade sugere uma análise de reportagens sobre aplicações da Física nuclear.

Atividade II:

Esta atividade, sugere um debate entre a turma dividindo a mesma em dois grupos, quanto a utilização ou não da Física Nuclear.

Para o professor

A primeira atividade, como é recomendada, tem a intenção de trabalhar nos grupos iniciais, ao menos três reportagens, o trabalho possui algumas opções disponibilizadas (Uma Energia Cara e Perigosa³², Energia Nuclear ajudará Brasil a frear mudança do clima, diz embaixador³³ e Césio – 137, o maior acidente radiológico do Brasil³⁴), contudo se o professor quiser modificar as mesmas por entrevistas mais atuais fica a escolha do mesmo. Mas nesse sentido o professor, deve tomar cuidado ao escolher reportagens, tendo pelo menos uma na qual o autor afirme ou defenda apenas os aspectos negativos da utilização da Física nuclear, uma que contenha conceitos errados e uma que seja imparcial. Apresentando as mesmas reportagens para cada grupo, pois a intenção é que os alunos observem e analisem estes fatos sem, entretanto, que o professor tenha que destacá-los. Após a breve análise escrita é interessante que se discuta cada uma das reportagens quanto as possíveis análises e como as leituras são as mesmas pode-se comparar as impressões e discuti-las.

A segunda atividade sugerida é um debate, sobre a utilização da Física nuclear, a ideia proposta é que os alunos sejam divididos pelo professor em grupo favorável e contra, nesse cada um terá dois minutos para expor suas concepções e o outro grupo o mesmo tempo para rebater, assim por diante até que se acabem os argumentos válidos.

Para essa aula, a presença do professor, é indispensável em todos os momentos, principalmente na discussão e no debate pois atuará como mediador.

Aula VI – TEATRO

- **Conteúdo** – História do desenvolvimento da Física Nuclear
- **Material de apoio para o professor** – A peça teatral desenvolvida para esse trabalho.
- **Objetivo de ensino** – Analisar o desenvolvimento dos alunos.

Desenvolvimento:

Atividade I:

Esta aula será a culminância das atividades, na qual será feita a encenação da peça teatral estudada nas aulas anteriores.

Para o professor

Esta atividade não necessariamente precisa ocorrer no horário de aula, o professor pode decidir isso com a direção e os alunos. É interessante se possível que a encenação seja aberta para o público em

32 Anexos página 110

33 Anexos página 112

34 Anexos página 113

geral, a sociedade. O professor deve auxiliar os alunos que contracenarão e também orientar os outros que estarão responsáveis por cenário e narração.

Após a encenação é interessante que o professor aplique um questionário, rápido, de forma que seja possível por meio deste analisar, a validade da atividade teatral para os alunos, quanto a importância e contribuição da mesma, seja para o aprendizado ou interação social. Com as respostas obtidas, o professor pode comparar com os dados que já possui e fazer assim observações quanto a desempenho, evolução e desenvoltura dos mesmos.

APÊNDICE II - SEQUÊNCIA DIDÁTICA ATIVIDADES

AULA 1

ATIVIDADE I - Questionário

O que pode dizer sobre o projeto Manhattan?

Cite o nome de ao menos dois Físicos importantes que você conheça. Sabe dizer em quais áreas da Física, eles trabalharam?

Pode agora citar o nome de duas mulheres que foram importantes para o desenvolvimento da Física?

O que você pensa da utilização da energia nuclear?

Sabe dizer algumas aplicações da energia nuclear?

Para você o que é a fissão nuclear?

Cite aplicações da Física nuclear, que façam parte da sua realidade.

O que é radioatividade?

Para que é utilizada a radiação?

O que você pensa sobre a utilização da Física nuclear pela sociedade atual?

ATIVIDADE III - Questões

1. Você acredita que a Física nuclear, se desenvolveria sem a guerra?

Com base no texto que leu, o que você pensa, sobre o posicionamento dos cientistas durante a guerra?

2. Antes dessa aula, você conhecia algum dos personagens apresentados?

AULA 2
ATIVIDADE III - Questões

1. Cite alguns malefícios e benefícios da radiação.

2. A radioatividade é perigosa para a vida humana, porque?

3. Como se deu o início do estudo da radioatividade?

ANEXO I – REPORTAGENS

REPORTAGEM I – Uma Energia cara e perigosa

Greenpeace
10/04/2011

Uma energia cara e perigosa

A geração de energia a partir de combustível nuclear representa um grande perigo para as pessoas e o ambiente. Ela demanda maior investimento público e gera mais poluentes quando comparada às energias renováveis. Ressuscitar o Programa Nuclear Brasileiro é um retrocesso.

Produzir energia nuclear continua sendo um problema. Anualmente, diversos acidentes são registrados ao redor do mundo. Desde a extração, até o transporte e descarte do material radioativo, a população está exposta aos riscos de doenças fatais.

Investir em tecnologia nuclear para a geração de energia é perigoso, piora o cenário de aquecimento global e joga na privada o dinheiro dos contribuintes.

Risco à vida

O processo de geração de energia nuclear possui várias etapas. O minério radioativo passa por uma série de transformações em sete cidades, de três países, até se transformar em combustível para a usina nuclear. Depois de utilizado, transforma-se em lixo radioativo. Em todas essas etapas, há a possibilidade de ocorrer um acidente, contaminando água, solo, ar, além de pessoas e animais, e ainda não foi encontrado um destino seguro e permanente para esse lixo. Em 1986 aconteceu o pior desastre envolvendo uma usina nuclear. Na Ucrânia, uma explosão na usina de Chernobyl contaminou por milhares de anos uma área de pelo menos 4.700 quilômetros quadrados. Veja neste mapa a extensão da contaminação.

A exposição ao material radioativo pode gerar nos seres humanos o desenvolvimento de câncer, má formação fetal, aborto, falência do sistema nervoso central, síndrome gastrointestinal, entre outras doenças. As instituições responsáveis pelo programa nuclear brasileiro não tomam medidas eficazes de prevenção da contaminação, colocando milhares de vidas em risco.

Leia mais sobre os perigos da energia nuclear em nosso relatório "Ciclo do Perigo".

Um mundo mais quente

Há uma idéia corrente de que a geração de energia nuclear é livre de emissões de gases de efeito estufa. Não é bem assim. Os reatores não emitem gás carbônico diretamente, mas, no cálculo de toda a cadeia de produção - da construção da usina, extração do minério ao descarte do lixo radioativo - as emissões vão às alturas.

A relação entre emissões totais e energia gerada faz da energia nuclear uma opção mais poluidora do que energias renováveis. De acordo com a metodologia de Storm e Smith para o cálculo de emissões, o ciclo de geração por fontes nucleares emite de 150 a 400 gCO₂/kWh, enquanto o ciclo por geradores eólicos emite de 10 a 50 gCO₂/kWh.

Conheça o relatório "Cortina de fumaça", que aprofunda o tema de emissões geradas pela energia nuclear.

Dinheiro mal investido

Estudo de 2006 da Universidade de São Paulo (USP) revela que serão necessários R\$9,5 bilhões e mais seis anos para a finalização de Angra 3. Com um investimento menor, de R\$7,2 bilhões, seria possível construir um parque eólico com o dobro da capacidade de Angra 3, ou seja, 2.700 MW, em dois anos – sem produzir lixo radioativo, sem o perigo de contaminação e com as emissões de gases estufa quase zeradas.

Completando a série de relatórios, se aprofunde nesta questão com **"Elefante Branco: O verdadeiro custo da energia nuclear"**.

Soluções

- Fim da expansão do programa nuclear brasileiro;
- Suspensão da exploração de minério radioativo;
- Não construção da usina nuclear Angra 3;
- Reestruturação do setor nuclear brasileiro para o uso seguro da energia nuclear com fins medicinais;
- Investimento em geração de energias renováveis.

REPORTAGEM II- Energia nuclear ajudará Brasil a frear mudança do clima, diz embaixador

Energia nuclear ajudará Brasil a frear mudança do clima, diz embaixador

João Fellet - @joaofelletDa BBC Brasil em Washington

1 abril 2016

Os acordos globais para reduzir as emissões de carbono e frear as mudanças climáticas devem impulsionar a construção de usinas nucleares mundo afora e inclusive no Brasil, diz o embaixador brasileiro na Agência Internacional de Energia Atômica (Aiea), Laércio Antônio Vinhas, em entrevista à BBC Brasil.

Apesar do risco de acidentes - como o ocorrido na usina japonesa de Fukushima em 2011 -, a energia nuclear não emite gases causadores do efeito estufa (resíduos tóxicos da atividade costumam ser armazenados indefinidamente).

No ano passado, o governo brasileiro se comprometeu a reduzir em 43% as emissões desses gases até 2030 em comparação com níveis de 2005. Segundo o embaixador, além de investir nas fontes solar e eólica, o Brasil precisará recorrer a reatores nucleares para substituir usinas térmicas a carvão. Hoje a fonte nuclear responde por 2,4% da geração de energia do país.

Vinhas foi um dos principais negociadores brasileiros da Cúpula de Segurança Nuclear, que se encerra nesta sexta-feira em Washington e reuniu líderes de 53 países. A presidente Dilma Rousseff representaria a delegação brasileira, mas cancelou a presença após o agravamento da crise política no país.

Físico nuclear, Vinhas trabalhou na Comissão Nacional de Energia Nuclear por 47 anos e se tornou figura frequente em reuniões internacionais sobre o tema. A experiência no setor lhe rendeu em 2011 um convite do governo para assumir a missão brasileira na Aiea, em Viena, mesmo não sendo um diplomata de carreira.

Em setembro, foi eleito presidente da junta de governadores da agência por um ano. Confira abaixo sua entrevista à BBC Brasil.

BBC Brasil - Os acordos para a redução de emissões de carbono tendem a estimular energia nuclear?

Laércio Antônio Vinhas - Não só a nuclear como qualquer uma das chamadas energias limpas. Todos os países, para ter uma matriz energética mais limpa, terão de reduzir usinas a óleo ou carvão, e as principais alternativas são as fontes eólica, solar e nuclear. Principalmente a China tem investido muito nessas três para cumprir os compromissos assumidos na Conferência de Paris em 2015.

BBC Brasil - O Brasil também investirá mais em energia nuclear?

Vinhas - Grande quantidade de nossa energia é gerada por hidrelétricas. É uma energia limpa em termos de geração de carbono, mas hoje ambientalistas não são tão favoráveis a ela, porque alaga áreas férteis e pode causar mudanças no microclima.

O Brasil, além de explorar bagaço de cana e as energias eólica e solar, precisará da nuclear para substituir eventuais usinas térmicas. Não pode só depender das hidrelétricas, porque quando há problemas de clima (como secas) ficamos numa situação difícil. Para ter segurança energética, precisamos de um leque de várias fontes de energia.

BBC Brasil - O acidente de Fukushima, no Japão, não freou a construção de usinas nucleares?

Vinhas - Ele impactou mais do que os países (defensores da) energia nuclear gostariam, mas muito menos do que quem é contra a energia nuclear gostaria. Houve certa redução na expectativa do número de reatores a serem construídos no futuro, mas lentamente isso já está sendo recuperado.

BBC Brasil - A ausência da presidente Dilma na cúpula gerou algum comentário ou constrangimento para a delegação brasileira?

Vinhas - Não. Vários países estão representados por seus ministros de Estado ou vice-presidentes. Isso é normal. Em todas as cúpulas alguns vão e outros não. Depende muito da situação do país naquele momento.

BBC Brasil - O Brasil articulou na cúpula a elaboração de um comunicado paralelo em prol do desarmamento nuclear. Qual a viabilidade da proposta?

Vinhas - Não somos *naive* (ingênuos) para achar que seria aprovada, mas é para manter vivo o tema. Muitos países acham que a segurança nuclear não tem a ver com desarmamento. Nossa opinião é o contrário. Se fosse possível roubar material nuclear ou roubar uma bomba pronta, o que o terrorista roubaria? O material nuclear em todas as instalações com fins civis representa 17%, enquanto 87% do material nuclear está sendo empregado para fins militares. Essa parte do material nuclear é tratada com muito sigilo. Em nome da transparência, uma série de informações poderiam ser fornecidas sem revelar os pontos fracos para os bandidos. O que queremos no horizonte é um mundo livre de armas nucleares. Deve ser um objetivo de caráter permanente.

BBC Brasil - Como as potências reagiram às propostas brasileiras?

Vinhas - Elas preferem isolar a parte militar da segurança nuclear como um todo. Por isso não se chegou a consenso para incluir elementos sobre o desarmamento no comunicado final. Frente a essa impossibilidade, fizemos um comunicado conjunto e países com opiniões parecidas se associaram a nós.

BBC Brasil - O mundo está mais seguro hoje do que quando foi realizada a primeira cúpula nuclear, em 2010?

Vinhas - Quanto ao material nuclear, houve uma melhoria muito grande. O principal objetivo atingido pela cúpula foi levar esse assunto até os altos níveis dos países. Gerou uma conscientização das autoridades quanto à "nuclear security" (segurança das instalações nucleares). Todos os países adotaram medidas para fortalecer e difundir a cultura de "nuclear security".

BBC Brasil - Qual o risco de grupos extremistas se apossarem de material nuclear hoje?

Vinhas - Não é muito fácil de adquirir nem de roubar material nuclear, e daí até chegar a uma bomba vai um caminho muito grande. Quem advoga o risco argumenta que não se faria uma bomba como aquelas para soltar de avião ou foguete, mas uma bomba rudimentar que pode causar comoção social muito grande.

Outro risco é a bomba suja, em que você pega uma granada, coloca material radioativo em volta e joga em algum lugar. Provavelmente não vai morrer quase ninguém, mas vai haver uma contaminação razoável e gerar uma ruptura social, com consequências econômicas e psicológicas muito grandes.

Quanto mais se melhorar o controle sobre fontes e materiais radioativos, sobre o uso médico-hospitalar, na indústria, mais você reduz a probabilidade de acidente. Quando começaram a pôr grades na frente dos prédios, quem não pôs ficou enfraquecido, porque o ladrão vai escolher aquele que não tem a grade.

REPORTAGEM III – Césio – 137, o maior acidente radiológico do Brasil

Césio-137, o maior acidente radiológico do Brasil

Tragédia atômica matou 12 pessoas e contaminou mais de 600 em Goiânia

Redação Educação Globo

Comente agora

O acidente radioativo em Goiânia - também conhecido como acidente com o Césio-137 - ocorreu em 13 de setembro de 1987. A contaminação radioativa teve início quando dois catadores de papel encontraram um aparelho de radioterapia numa clínica abandonada no Centro de Goiânia. Depois de levado para um ferro-velho local, o aparelho foi desmontado e, dentro dele, foi encontrada uma cápsula de chumbo com 19,26g de cloreto de césio em seu interior.



Terreno do ferro-velho, na Rua 26-A (Foto: Wikimedia Commons)

O objetivo de Devair Ferreira, dono do ferro-velho, era aproveitar o metal da cápsula, mas o brilho azulado emitido pelo cloreto de césio no escuro - que em condições normais é semelhante ao sal de cozinha - chamou a sua atenção. Devair decidiu então levar o material para casa, distribuindo-o entre familiares e amigos. Sua sobrinha, Leide das Neves, ingeriu partículas do material misturado a um ovo cozido. Era o início do maior acidente radiológico do Brasil, de acordo com a Comissão Nacional de Energia Nuclear. A radiação matou onze pessoas e contaminou mais de 600. Cerca de 100 mil pessoas foram expostas à radiação.

A radioatividade atingiu o corpo dos contaminados rapidamente. Em algumas horas, as primeiras vítimas começaram a sentir náuseas e tonturas, além de diarreia e vômito. Maria Gabriela, esposa de Devair, desconfiou que o pó branco considerado sobrenatural era a causa do mal estar da família. Depois disso, no dia 29 de setembro de 1987, as autoridades sanitárias deram o alerta de contaminação por radioatividade para a população local.

Após o desastre, as atividades de descontaminação produziram mais de 13 mil toneladas de lixo atômico. Entre os dejetos, estão incluídos materiais de construção provenientes da demolição dos

edifícios contaminados, animais, plantas, fragmentos de solo e roupas. Os resíduos foram armazenados em um depósito construído em Abadia de Goiânia, cidade próxima da capital. O depósito é coberto de camadas de chumbo e concreto, que mantém a radioatividade isolada do meio ambiente. O tempo de meia-vida do material armazenado é de 180 anos, suficiente para que não haja mais perigo para o meio ambiente.

As vítimas fatais do “brilho da morte” - como foi apelidado o cloreto de cézio - foram enterradas em túmulos revestidos de chumbo e concreto. A primeira vítima foi Leide das Neves, sobrinha de Devair, que morreu seis dias após a contaminação, aos 6 anos de idade. Devair Ferreira, dono do ferro-velho, apesar de ter sido a vítima mais exposta à radiação, morreu sete anos após a tragédia, em 1994. Sua esposa, Maria Gabriela, ficou doente três dias após a exposição à radioatividade e faleceu um mês após a contaminação, em outubro de 1987.

Depois de mais de 26 anos da tragédia, os contaminados pela radioatividade alegam não receber os medicamentos que deveriam ser oferecidos pelo governo. Parte dos contaminados ainda moram na região do acidente, que durante anos teve seus imóveis desvalorizados. Boa parte do comércio local fechou e os habitantes locais foram, de certa forma, discriminados, já que o resto da população tinha medo de ser contaminada.

A região do acidente com o Césio-137 começou a ser revitalizada pelo governo municipal e estadual no fim dos anos 1990. Em 2006, a prefeitura decidiu reinaugurar o antigo Mercado Popular da cidade, que fica próximo ao local do acidente. Atualmente, o Mercado Popular é um ponto turístico de Goiânia, sede de uma feira de gastronomia semanal.