



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
INSTITUTO DE FÍSICA “GLEB WATAGHIN”

Aldo Aoyagui Gomes Pereira

**O DOCUMENTÁRIO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E A DISCUSSÃO DE
ASPECTOS DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA FORMAÇÃO INICIAL
DE PROFESSORES DE FÍSICA**

CAMPINAS
2017

ALDO AOYAGUI GOMES PEREIRA

**O DOCUMENTÁRIO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA E A DISCUSSÃO DE
ASPECTOS DA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NA FORMAÇÃO INICIAL
DE PROFESSORES DE FÍSICA**

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Física “Gleb Wataghin” da Universidade Estadual de Campinas como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de Doutor em Ensino de Ciências e Matemática, na Área de Ensino de Ciências e Matemática.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Maria José Pereira Monteiro de Almeida

O ARQUIVO DIGITAL CORRESPONDE À VERSÃO FINAL DA TESE DEFENDIDA PELO ALUNO ALDO AOYAGUI GOMES PEREIRA, E ORIENTADA PELA PROF^a. DR^a. MARIA JOSÉ PEREIRA MONTEIRO DE ALMEIDA.

CAMPINAS
2017

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): Não se aplica.

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Física Gleb Wataghin
Lucimeire de Oliveira Silva da Rocha - CRB 8/9174

P414d Pereira, Aldo Aoyagui Gomes, 1978-
O documentário de divulgação científica e a discussão de aspectos da física moderna e contemporânea na formação inicial de professores de física / Aldo Aoyagui Gomes Pereira. – Campinas, SP : [s.n.], 2017.

Orientador: Maria José Pereira Monteiro de Almeida.
Tese (doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Física Gleb Wataghin.

1. Divulgação científica. 2. Física - Estudo e ensino. 3. Formação de professores. 4. Análise do discurso. I. Almeida, Maria José P. M. de, 1944-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Física Gleb Wataghin. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Science documentaries and the discussion of aspects of modern and contemporary physics with undergraduates in a teacher education course in physics

Palavras-chave em inglês:

Scientific dissemination

Physics - Study and teaching

Teacher training

Discourse analysis

Área de concentração: Ensino de Ciências e Matemática

Titulação: Doutor em Ensino de Ciências e Matemática

Banca examinadora:

Maria José Pereira Monteiro de Almeida

Maria Consuelo Alves Lima

Rodolfo Langhi

Carlos Eduardo Albuquerque Miranda

Pedro da Cunha Pinto Neto

Data de defesa: 20-01-2017

Programa de Pós-Graduação: Multiunidades em Ensino de Ciências e Matemática



MEMBROS DA COMISSÃO JULGADORA DA TESE DE DOUTORADO DE ALDO AOYAGUI GOMES PEREIRA – RA: 980542, APRESENTADA E APROVADA AO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO MULTIUNIDADES EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA, DA UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, EM 20/01/2017.

COMISSAO JULGADORA:

- Prof^a. Dr^a. Maria José Pereira Monteiro de Almeida – (Orientadora) FE/UNICAMP
- Prof^a. Dr^a. Maria Consuelo Alves Lima – DF/UFMA
- Prof. Dr. Rodolfo Langhi – FC/UNESP
- Prof. Dr. Carlos Eduardo Albuquerque Miranda - FE/UNICAMP
- Prof. Dr. Pedro da Cunha Pinto Neto – FE/UNICAMP

A Ata da Defesa, assinada pelos membros da Comissão Examinadora, consta no processo de vida acadêmica do aluno.

CAMPINAS
2017

AGRADECIMENTOS

À professora Maria José P. M. de Almeida pelo apoio nos âmbitos da vida acadêmica e pessoal. Pela paciência, dedicação, seriedade, reflexões e sugestões fundamentais que contribuíram para a concretização deste trabalho.

À Universidade Federal de São Carlos e aos licenciandos sujeitos desta pesquisa, que trabalhando em colaboração, possibilitaram a construção deste trabalho.

Aos amigos, pelas conversas, pelas sugestões e apoio nos momentos mais difíceis.

À minha querida esposa Camilia, que no momento de total ausência de Luz, trouxe muita Energia mostrando que, mesmo em um pensamento puramente racional e lógico, há espaço para Fé e um Amor renovado.

À Unicamp, pela infraestrutura disponibilizada para os estudos e pela possibilidade de convívio com tamanha diversidade, proporcionando a socialização e construção de uma visão de mundo tão abrangente.

“Minha vida tem sido um caminho à beira da incerteza. Hoje, eu acho que nós criamos nossos filhos para escolher o mais cômodo.

Você tem seu emprego, seu carro do ano, um lugar onde dormir, e os sonhos estão mortos.

Não se cresce num caminho seguro.

Todos nós deveríamos conquistar algo na vida e isso exige muito trabalho, e exige muito risco.

Para crescer e se aprimorar, é preciso caminhar um pouco à beira da incerteza.

Há um sussurro no vento noturno, há uma estrela radiante a nos guiar, e a Natureza selvagem está chamando, chamando... vamos embora”.

Francis Mallmann

RESUMO

PEREIRA, A. A. G. **O Documentário de Divulgação Científica e a discussão de aspectos da Física Moderna e Contemporânea na Formação Inicial de Professores de Física**. 237f. Tese (Doutorado em Ensino de Ciências e Matemática) – Instituto de Física “Gleb Wataghin”, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2017.

Existe uma preocupação crescente, tanto em âmbito acadêmico e educacional, quanto político e social, sobre a inserção de aspectos da Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM). Dentre as possíveis estratégias de ensino com objetivos de inserção da FMC no EM, está o desenvolvimento de atividades na formação inicial de professores. Neste trabalho, desenvolvemos um conjunto de atividades com estudantes de um curso de licenciatura em física de uma universidade pública do Estado de São Paulo, utilizando como principal estratégia de ensino, Documentários de Divulgação Científica (DDC). A coleta de informações se deu por meio das gravações em vídeo das principais atividades realizadas e da produção escrita dos licenciandos, que se constituiu na elaboração de questionários sobre os assuntos tratados nos documentários. Nestas atividades procuramos responder duas questões principais que nortearam esta investigação: como os futuros professores de física produzem sentidos sobre a discussão de aspectos da inserção de assuntos de FMC no EM por meio de DDC? E de que forma o trabalho com determinados DDC em sala de aula pode contribuir para a discussão destes aspectos? A análise das informações foi realizada a partir de noções da Análise do Discurso (AD) principalmente a partir de textos de Eni Orlandi publicados no Brasil. Procuramos compreender como determinado discurso foi formulado, tendo em conta a historicidade dos dizeres, o valor da memória, e principalmente tendo em conta as condições de produção imediatas, materializadas nas atividades desenvolvidas com os licenciandos. Pudemos notar que no imaginário dos licenciandos o uso de DDC em sala de aula estava associado à ideia de visualização, reforço, complemento de conteúdos e ilustração. No entanto, as atividades realizadas durante o semestre contribuíram para produzir outros sentidos e usos de DDC. Entre estes destacamos a problematização das imagens e da narrativa dos DDC usados, assim como o uso de elementos da História e da Natureza da Ciência e da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade para a discussão de assuntos relacionados à FMC contidos nestes DDC.

Palavras-chave: Documentários de Divulgação Científica. Física Moderna e Contemporânea. Formação Inicial de Professores. Análise de Discurso.

ABSTRACT

PEREIRA, A. A. G. Science Documentaries and the discussion of aspects of Modern and Contemporary Physics with undergraduates in a teacher education course in Physics. 237p. Thesis (Doctorate in Science and Mathematics Teaching) – Institute of Physics, UNICAMP, Campinas, 2017.

There is an increasing concern both in academic and educational level, and political and social level, on the inclusion of aspects of Modern and Contemporary Physics (MCP) at High School (HS). Among the possible teaching strategies using MCP at HS, is the development of activities in the Teacher training with pre-Teachers. In this study, we developed a set of activities with four undergraduates from the 6th semester of a teacher education course in Physics of a public University at the State of São Paulo, using as primary teaching strategy Science Documentaries (SD). Data collection was made by video recordings of the activities and written production of the undergraduates, which consisted in the development of questionnaires from the elements of MCP covered in the documentaries. In these activities we intended to answer two main questions that guided this research: How does future physics teachers produce meanings about the discussion of MCP at HS using SD? And how activities using SD in classroom can contribute to the discussion of MCP? The analysis of information was made using notions and principles of Discourse Analysis (DA), developed by Eni Orlandi in her texts published in Brazil. We intended to understand how certain discourse was formulated, taking into account the historicity of the wording, the value of memory, and the influences of the immediate production conditions, materialized in the activities with the undergraduates. We noted that in the imaginary of undergraduate students of our research, the use of SD in the classroom was associated with the idea of visualization, review contents, complementation and illustration. However, the activities carried out during the semester contributed to broad this imaginary, producing other meanings and SD uses. Among these we highlighted the questioning of images and narrative of DDC used, as well as the use of elements of History and Nature of Science and Science Technology and Society approach to discuss the aspects related to MCP contained in these SD.

Keywords: Science Documentaries. Modern and Contemporary Physics. Teacher Training. Discourse Analysis.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AC – Análise de Conteúdo

AD – Análise de Discurso

BBC – British Broadcasting Corporation

CTSA - Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente

CAPES – Coordenação Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior

DC - Divulgação Científica

DDC – Documentários de Divulgação Científica

EEF - Experimentação no Ensino de Física

EM – Ensino Médio

FFC – Filmes de Ficção Científica

FMC – Física Moderna e Contemporânea

FQ – Física Quântica

HFC - História e Filosofia da Ciência

IMZ - Mach-Zehnder Virtual

LCD – Liquid Cristal Display

LDB – Lei de Diretrizes e Bases

LED – Light Emitting Diode

MC – Mecânica Clássica

MQ – Mecânica Quântica

PBS – Public Broadcasting Service

PIBID - Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência

PNLD - Programa Nacional do Livro Didático

SETI - Search for Extraterrestrial Intelligence

TDC - Textos de Divulgação Científica

TRR - Teoria da Relatividade Restrita

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** O rinoceronte no canto superior direito da imagem produz uma sensação de movimento devido à técnica de sobreposição feita pelo homem pré-histórico que realizou esta pintura. Pela técnica de datação por carbono-14 e espectrometria de massa por acelerado ela data de aproximadamente 32 mil anos atrás.....85
- Figura 2.** Fred Astaire dançando Time Bojangles. Herzog especula sobre a fascinação que a sombra projetada nas paredes da caverna de Chauvet pelas tochas deve ter exercido no homem pré-histórico e como essa fascinação perdurou até os dias de hoje, exemplificado pela dança de Astaire.....86
- Figura 3.** Comparação realizada por Dominique Baffier entre a pintura do Bisão e a mulher, realizada há 30 mil anos atrás na caverna de Chauvet (esquerda) e o Minotauro acariciando a mulher adormecida realizada por Picasso na primeira metade do século XX (direita).....87
- Figura 4.** Imperfeições na parede no Painel dos Leões. Com a utilização da técnica 3D é possível ter a sensação de profundidade e textura produzida por estas pinturas.....87
- Figura 5.** A imagem (a) de “alta qualidade” ou alta resolução, e a imagem (b) de “baixa qualidade” ou baixa resolução..... 106
- Figura 6.** Sob outro enquadramento a imagem nos passa a ideia de fuga e a de representação de realidade do homem do Paleolítico há 32 mil anos atrás. 107
- Figura 7.** Imagem de um casal de leões. Imagem retirada de um trecho do documentário de Herzog. 128

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Os três momentos de coletas de informações na disciplina Práticas do Ensino76

Tabela 2. Tema dos planos de aulas dos licenciandos.....78

Tabela 3. Plano de Aula entregue aos licenciandos no início do desenvolvimento das atividades do documentário *A caverna dos sonhos esquecidos*.....83

Tabela 4. Temas e documentários escolhidos pelos licenciandos para o minicurso.92

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO.....	15
CAPÍTULO 1 – FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA E O DOCUMENTÁRIO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA	23
1.1. Física Moderna e Contemporânea e Ensino de Física no Ensino Médio	23
1.2. Aspectos gerais sobre os documentários de divulgação científica	38
CAPÍTULO 2 – ALGUNS ASPECTOS SOBRE A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA	57
CAPÍTULO 3 - APOIO TEÓRICO E CONDIÇÕES DE PRODUÇÃO.....	67
3.1. Apoio Teórico.....	67
3.2. Condições de produção da pesquisa	74
3.2.1. O contexto da pesquisa.....	74
3.2.2. A atividade usando o documentário <i>A caverna dos sonhos esquecidos</i>	79
3.2.3. A técnica do Carbono 14	88
3.2.4. Os documentários escolhidos pelos licenciandos para a proposta de minicurso.....	91
CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DE INFORMAÇÕES COLETADAS	97
4.1. Atividades com o documentário de Herzog.	99
4.1.1. Respostas dos licenciandos ao questionário proposto pelo professor	100
4.1.2. Questionário proposto pelos licenciandos	113
4.1.3. Diálogos sobre o documentário	119
4.2. Percursos de licenciandos.....	130
4.2.1. O percurso de Larissa: apresentação do Plano de Aula.....	132
4.2.2. O percurso de Larissa: a proposta de Minicurso	141
4.2.3. O percurso de Fernanda: apresentação do Plano de Aula	147
4.2.4. O percurso de Fernanda: a proposta de Minicurso	149
4.2.5. O percurso de Márcio: a apresentação do Plano de Aula.....	159
4.2.6. O percurso de Márcio: a proposta de Minicurso	161
CONSIDERAÇÕES FINAIS	169
REFERÊNCIAS	175
ANEXO I – RELAÇÃO DOS TRABALHOS LIDOS NA DISCIPLINA PRÁTICAS DE ENSINO DE FÍSICA I.	188

ANEXO II – RELAÇÃO DOS TRABALHOS LIDOS NA DISCIPLINA PESQUISA E PRÁTICA DO ENSINO DE FÍSICA.....	190
ANEXO III – RELAÇÃO DOS TRABALHOS LIDOS NA DISCIPLINA PRÁTICA DO ENSINO DE FÍSICA II E PROGRAMA DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.	192
ANEXO IV – ATIVIDADES REALIZADAS COM O DOCUMENTÁRIO <i>A CAVERNA DOS SONHOS ESQUECIDOS</i>	195
Questionário elaborado pelo professor sobre o documentário	195
Questionário elaborado pelos licenciandos sobre o documentário.....	196
ANEXO V – TRANSCRIÇÃO DA APRESENTAÇÃO DOS PLANOS DE AULA.....	205
ANEXO VI – TRANSCRIÇÃO DAS PROPOSTAS DE MINICURSO	219
ANEXO VII – RELAÇÃO DE DOCUMENTÁRIOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA CITADOS OU USADOS EM NOSSA PESQUISA.....	239
ANEXO VIII – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO	241

INTRODUÇÃO

Meu interesse por Filmes de Ficção Científica (FFC) e Documentários de Divulgação Científica (DDC) trilhou um processo que vai desde o simples assisti-los acriticamente como forma de entretenimento, passando por seu uso como professor, com objetivos de enriquecer e diversificar minhas aulas de Física do Ensino Médio (EM), até o seu uso como objeto de estudo. O contato com materiais de Divulgação Científica (DC), incluindo revistas, FFC e DDC, influenciou minha escolha profissional, uma vez que a opção por cursar Física foi uma de suas consequências. Pode-se dizer que foi por causa de DDC que resolvi fazer Física, mas também, devido a eles, resolvi não pesquisar mais a Física propriamente dita. Ao longo deste processo, como ingênuo estudante de física, comecei a refletir sobre algumas questões de caráter amplo, mas que iriam se constituir na pesquisa atual. Entre elas: que tipos de técnicas midiáticas estes recursos usam para produzir em alguns o deslumbramento e a paixão pela ciência? Mas o que, ao mesmo tempo, parece promover um distanciamento entre o cidadão comum, interessado em ciências, e o cientista, produtor deste conhecimento? Pois, algumas narrativas destes recursos, assim como as aulas de Física do EM, parecem reforçar a visão de ciência como algo inatingível, de acesso somente a algumas pessoas com predileção matemática e ideias geniais que parecem surgir do nada.

Diversos filmes e documentários trazem uma visão de ciência com acesso a poucos, produto do esforço individual de alguns inatamente iluminados e propensos a desvendarem os mistérios do universo, independente de crença, valor ou condição social e política. Como aponta Chaves (2012), a visão de ciência disseminada por alguns gêneros audiovisuais pode causar verdadeiras desilusões em relação à carreira científica, pois a metodologia de trabalho da ciência, ou ciência normal na definição de Kuhn (2009), se aproxima mais daquela cujo principal objetivo é reproduzir as realizações científicas baseadas num paradigma central que uma comunidade

particular de cientistas reconhece por um tempo fornecer o fundamento para a prática do pesquisador ulterior. Tais realizações são recontadas por manuais que expõem o corpo da teoria aceita, ilustram todas ou a maioria de suas aplicações bem sucedidas e compara tais aplicações com exemplos de observações e experimentos. Ou seja, de acordo com Chaves (2012), a ciência apresentada em alguns filmes e documentários se distancia da ciência normal, ao apresentar uma imagem glamorosa e espetacular de ciência. Sendo assim, percebemos que, motivando o interesse pela ciência ou não, cada vez mais os recursos audiovisuais e a mídia têm influenciado os valores, atitudes e comportamento dos jovens quando se trata de interesse e os motivos que os levam a se dedicar ou não a carreiras científicas. Podemos afirmar que o interesse em saber sobre ciência parece estar relacionado mais a aspectos da educação não-formal e informal, ou seja, aquela realizada em museus de ciências, e nos diversos meios de comunicação, do que aos currículos formais das disciplinas científicas escolares (JIDESJÖ, 2010; FALK, 2002).

Para aprofundar o conhecimento sobre a relação entre os recursos audiovisuais e a sala de aula, começamos o trabalho realizando uma revisão bibliográfica, constatando a existência de trabalhos que tratam a relação entre documentários e a educação de forma abrangente, porém, poucos que particularizavam questões relacionadas a veiculação de conteúdos de cunho científico por estes recursos e suas relações com a sala de aula. Encontramos ainda, alguns trabalhos que problematizavam os tipos de discursos produzidos por estes recursos na educação formal, particularmente, na formação inicial de professores de física (ARROIO; GIORDAN, 2006; BRUZZO, 1998; JESUS, 2008; BONETTI, 2008; RAMOS, 2010; DIJCK, 2006; DHINGRA, 2003; REID, 2011).

Com o objetivo de compreender melhor como futuros professores de Física se apropriam deste tipo de discurso, que é o da divulgação de assuntos científicos contidos nos DDC, e suas relações com o ensino de conhecimentos científicos em sala de aula, decidimos

investigar as possíveis relações que podem ser estabelecidas entre DDC e a formação de professores de física.

Ao mesmo tempo, verificamos que a produção de artigos, dissertações e teses na área de pesquisa em Ensino de Física têm mostrado nos últimos anos a necessidade de uma pluralidade de estratégias e metodologias com o objetivo de aproximar os estudantes do ensino médio dos processos e resultados da física produzida nos séculos XX e XXI (ZANETIC, 1989; JUNIOR; CRUZ, 2009; OSTERMANN; MOREIRA, 2001; SALES et al, 2008; OSTERMANN; CAVALCANTI, 1999; KÖHNLEIN; PEDUZZI, 2005). No entanto, a apropriação destas estratégias, metodologias e conteúdos em sala de aula, ainda é pequena, e os fatores para isso incluem: pouco contato dos professores da educação básica com a pesquisa realizada na área de ensino de física, necessidade de reestruturação das licenciaturas em física, poucos cursos de formação continuada para professores em serviço, desvalorização da profissão de professor da educação básica, entre outros.

O desenvolvimento da ciência e da tecnologia nos séculos XX e XXI, incluindo a física, teve um imenso impacto na vida social e econômica de abrangência mundial, afetando todos os setores da vida produtiva. O consumo de tecnologia parece ser inversamente proporcional à compreensão que temos dos princípios e fundamentos científicos. Alguns fatos históricos têm revelado que essa incompreensão dos produtos da ciência e da tecnologia modernas pode ter um preço muito alto para os cidadãos. Podemos citar, por exemplo, o acidente radioativo de Goiânia, ou as decisões de âmbito político, como a liberação ou não do uso de alimentos transgênicos, agrotóxicos etc.

A reflexão sobre propostas curriculares alternativas às ditas tradicionais, ou às baseadas na racionalidade técnica e alicerçadas nos conceitos de competências e habilidades, têm mostrado que o papel das disciplinas científicas na escola formal transcende a simples

transmissão de conteúdos científicos fundamentados em linguagem matemática. Destas reflexões surgem propostas e estratégias de ensino cuja pluralidade metodológica, abrange outros aspectos da ciência, como as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade, e as relações entre ciência e cultura (ZANETIC, 2006).

Nosso trabalho parte da hipótese de que o estudo e utilização dos recursos audiovisuais em sala de aula, em particular DDC sobre assuntos de FMC, podem contribuir para o desenvolvimento de um tipo de aula que desperte a curiosidade dos estudantes a se interessarem por assuntos relacionados à ciência e em particular da FMC. Para isso, partimos do pressuposto de que atividades na formação inicial de professores de física utilizando DDC podem contribuir para disseminar esta prática entre futuros professores de física instrumentalizando-os para refletir e problematizar a utilização destes recursos nas aulas de física do Ensino Médio (EM).

A acessibilidade a este tipo de recurso hoje em dia é muito simples, se dando através da Internet, Youtube, GoogleDrive, Downloads e até em alguns canais televisivos. Com esse aumento exponencial da acessibilidade, e o desenvolvimento de diferentes tipos de técnicas cinematográficas, como efeitos especiais, animações digitais, computação gráfica etc, houve um aumento significativo de *consumidores* destes tipos de recursos. Como professor de física da educação básica durante muitos anos, notei que a ciência transmitida pelas diversas mídias existentes fora do ambiente escolar, era trazida para este ambiente pelos estudantes através de questionamentos e dúvidas sobre algum assunto que tinham assistido em algum documentário ou visto em notícias sobre ciência. Empiricamente notava que pareciam existir duas ciências: a que ensinava em sala de aula, sem vida e de caráter dogmático, e aquela dinâmica, viva e controversa, proveniente dos mais variados tipos de mídias.

No entanto, não é simples abandonarmos a ciência ensinada em sala de aula, engessada durante décadas e amparada por um modelo transmissionista de ensino onde a

linguagem matemática é o principal meio usado para se compreender os resultados desta ciência. Muitas são as dificuldades encontradas pelo professor da educação básica ao trabalhar com outros aspectos da linguagem científica em sala de aula. Estas dificuldades referem-se a diversos fatores, entre eles podemos destacar: falta de tempo para usar estratégias diferenciadas em aulas de física (a disciplina de física no EM tem apenas duas aulas por semana), dificuldade de romper com o paradigma da aula tradicional, baseada quase que exclusivamente na resolução de problemas com o uso de linguagem matemática, falta de infraestrutura, desconhecimento das diversas materializações do discurso da divulgação científica produzidas atualmente e outras dificuldades de vários tipos.

É importante salientar que o DDC é apenas um, entre muitos recursos existentes, que podem ser usados em sala de aula com o intuito de desenvolver atividades diferenciadas das aulas tradicionais. Assim como o formador de professores e o professor da educação básica, a atividade realizada em sala de aula é que vai determinar em grande parte se ocorrerá e como será a participação construtiva dos estudantes em discussões e debates relacionados a tópicos de ciência, ou se irá reforçar ou não um método de aula tradicional. Como apontado por Almeida (2012):

[...] qualquer recurso é apenas um recurso, com determinados potenciais. Seu uso depende de como é organizada a aula pelos professores formadores de formadores ou pelos professores do ensino básico. Estes, além de direcionarem a natureza das atividades propostas com o uso dos recursos disponíveis, são os mediadores da circulação dos discursos na sala de aula (ALMEIDA, 2012, p. 38).

De modo geral, a ciência ensinada em sala de aula e a física em particular, pode cumprir um papel mais abrangente do que apenas a aprendizagem de habilidades relacionadas à operacionalização de fórmulas matemáticas. Ela pode contribuir também para a formação de um cidadão leitor de ciências em suas diversas materializações, como revistas de divulgação

científica, filmes de ficção, documentários, noticiários, decisões de âmbito político e social, que o acompanharam para o resto de sua vida. A formação de um sujeito leitor de ciências é de importância peculiar numa sociedade em que a ciência e a tecnologia têm notória presença nos afazeres e dizeres de nosso cotidiano. A cada dia surgem decisões no âmbito político e social que dependem de um conhecimento significativo de aspectos da ciência e da tecnologia. Numa sociedade em que exista uma iniciativa genuína de divulgação da ciência, é possível fomentar um debate inteligente no qual os cidadãos podem e devem opinar direta ou indiretamente sobre decisões relacionadas a questões científicas (BIENVENIDO, 2007).

Paralelamente à discussão dos usos de recursos audiovisuais em sala de aula, existe uma preocupação crescente, tanto em âmbito acadêmico e educacional quanto político, sobre como aspectos da FMC podem ser trabalhados no EM. A discussão é antiga e compreende outros setores e documentos oficiais, entre eles a Lei de Diretrizes e Bases (LDB) de 1996, que numa passagem sobre o que os alunos devem saber ao terminar o EM, diz que “[...] o aluno deve ter domínio dos princípios científicos e tecnológicos que presidem a produção moderna” (BRASIL, 1996). Ora, grande parte dos princípios científicos compreendidos na ciência e na tecnologia moderna provém da FMC. Além disso, o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) tem como um dos seus critérios para a componente curricular dos livros de física o tratamento de tópicos relacionados à FMC, tendo como foco a apresentação dos conteúdos de “[...] forma adequada e pertinente, considerando os diversos estudos presentes na literatura atual da área” (BRASIL, 2011).

A união das duas problemáticas, ou seja, como promover o contato com a ciência em sala de aula por meio de DDC e ao mesmo tempo discutir assuntos de FMC no mesmo espaço, levou-nos a pensar em modos de como poderíamos contribuir para que conhecimentos da FMC pudessem ser inseridos no contexto da sala de aula no nível médio por meio de DDC. Para isso,

estabelecemos como objetivo investigar que sentidos são produzidos por quatro estudantes de um curso de Licenciatura em Física sobre a inserção de tópicos de FMC no EM usando como principal recurso DDC.

Enquanto professor atuamos como professor-pesquisador na disciplina Prática do Ensino de Física II, desenvolvemos uma série de atividades envolvendo discussões, produções textuais e apresentação de propostas de minicursos sobre assuntos relacionados à FMC contidos nos DDC usado pelos licenciandos. Estas se deram num amplo espectro de estratégias e abordagens de ensino e aprendizagem, como, por exemplo: relações entre Física, Arte e Cultura, abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e História e Filosofia da Ciência (HFC). As principais atividades realizadas na disciplina foram filmadas e a produção escrita dos licenciandos foi analisada tendo como suporte teórico-metodológico a Análise de Discurso (AD) iniciada na França por Michel Pechêux, tendo-nos baseado principalmente em trabalhos publicados no Brasil por Eni Orlandi.

As duas questões centrais que procuramos responder foram:

- 1. Como são produzidos sentidos pelos licenciandos em física sobre a inserção de assuntos de Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio por meio de Documentários de Divulgação Científica?**
- 2. Como o trabalho com *determinados* Documentários de Divulgação Científica em sala de aula pode contribuir para a discussão de assuntos relacionados à Física Moderna e Contemporânea?**

As condições de produção nas quais realizamos a coleta de informações constituíram-se no acompanhamento, por parte do autor deste trabalho, de licenciandos do 6º semestre de um curso de Licenciatura em Física da Universidade Federal de São Carlos – campus Sorocaba. Estes foram acompanhados durante o segundo semestre de 2012 na disciplina de Prática do Ensino de

Física II pelo professor-pesquisador, então professor substituto na instituição. As principais atividades realizadas pelos licenciandos nesta disciplina constituíram-se na leitura de artigos da área de pesquisa em Ensino de Física sobre a inserção de conteúdos de FMC no EM, e da leitura de artigos sobre a linguagem audiovisual e suas relações com a práxis educativa. Além disso, trabalhamos com alguns documentários na disciplina e a reflexão sobre algumas das estratégias discursivas neles utilizadas. No início da disciplina os estudantes apresentaram um Plano de Aula destinado ao EM, e nas aulas seguintes, trabalhamos com o documentário *A Caverna dos Sonhos Esquecidos*, produzido e dirigido pelo diretor alemão Werner Herzog em 2010. Por fim, os licenciandos apresentaram uma proposta de minicurso, que foi planejada e executada pensando em sua apresentação para alunos de EM, utilizando documentários sobre conhecimentos de FMC.

No Capítulo 1 desta tese realizamos um levantamento de alguns trabalhos que tratam a temática da inserção da FMC no EM discutindo as principais estratégias de ensino utilizadas. No mesmo capítulo, fizemos um recorte sobre a evolução dos documentários e usamos classificação de Nichols (2005) para categorizar os documentários usados em nossa pesquisa. No Capítulo 2 esboçamos brevemente as principais correntes da área de formação de professores explicitando a postura tomada por nós neste trabalho nas atividades desenvolvidas com os licenciandos. No Capítulo 3 apresentamos os principais conceitos e noções da AD empregadas por nós nas análises que foram realizadas no Capítulo 4, além de detalhar as condições de produção desta pesquisa.

CAPÍTULO 1 – FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA E O DOCUMENTÁRIO DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA

1.1. Física Moderna e Contemporânea e Ensino de Física no Ensino Médio

A discussão sobre a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM) é antiga e remonta pelo menos ao início da década de 90 do século passado. A partir dessa década a discussão tornou-se sistemática, culminando com a produção de diversos trabalhos em âmbito nacional e internacional abordando essa temática (LOBATO; GRECA, 2005). Dentre os trabalhos produzidos, podemos citar: artigos, dissertações, teses, livros e a alusão a essa problemática, com algumas recomendações, nos principais documentos oficiais sobre educação e ensino de ciências (BRASIL, 1996; BRASIL, 1999, BRASIL, 2002).

Em revisão bibliográfica, Silva e Almeida (2011) organizaram a produção dos trabalhos nesta área particularizando a Física Quântica (FQ) e classificando-os em cinco categorias: revisão da literatura sobre o ensino de FQ/FMC, análise curricular, análise dos conteúdos em livros que abordam FQ/FMC, elaboração e/ou aplicação de propostas de ensino e concepções de professores sobre o ensino de FQ/FMC no EM. Dentre as classificações desenvolvidas por estes autores são de nosso interesse alguns artigos da categoria que se refere à *elaboração e/ou aplicação de propostas de ensino* de conhecimentos de FQ/FMC no EM.

Nesta categoria, encontra-se, por exemplo, o trabalho de Pinto e Zanetic (1999), que utiliza a noção de perfil epistemológico de Gaston Bachelard (1884 - 1962) com o intuito de analisar uma experiência educacional realizada em uma escola da rede pública de ensino do Estado de São Paulo. Neste trabalho os autores elaboram um teste com o objetivo de traçar o perfil epistemológico dos alunos do ensino médio em relação ao conceito de luz. Neste teste, a classificação se dá através das diferentes visões epistemológicas apresentadas sobre o conceito de

luz, classificando-os de acordo com as diferentes concepções filosóficas desenvolvidas por Bachelard, a saber: a animista, realista ou positivista, racionalista e racionalista completa ou racionalista dialética. Os autores concluem que, apesar do teste apresentar alguns problemas em sua constituição, os alunos foram apresentados de forma substancial aos processos da física produzida no século XX. Além disso, eles reforçam a necessidade de se trabalhar com aspectos da História da Física que contribuam com o objetivo de romper os obstáculos epistemológicos apresentados pelos alunos quando se referem a conceitos da FMC.

Uma proposta de viés multidisciplinar é apresentada no trabalho de Costa et al (2007). Neste trabalho os autores propõem uma interface entre ciência e arte. A ciência é representada pela FMC e a Arte pela obra do pintor espanhol Salvador Dalí (1904 - 1989). É discutida a relação entre ciência e cultura, enfocando a contribuição mútua no desenvolvimento de ambas. Eles enfatizam a visão da ciência como construção humana e como seu desenvolvimento é influenciado pelos aspectos social, histórico e cultural. Uma colocação interessante apontada por estes autores é que “O ensino de física deve levar à compreensão das formas pelas quais a física e a tecnologia, influenciam nossa interpretação do mundo atual” (COSTA et al, 2007, p. 23). Semelhante à proposta de Costa et al, neste trabalho, procuramos nos aproximar de uma abordagem multidisciplinar ao escolhermos o documentário *Cave of forgotten dreams (A caverna dos sonhos esquecidos)* numa das atividades que realizamos com os licenciandos.

Na mesma linha do trabalho de Costa et al (2007), Andrade et al (2007) analisam a influência da FMC nos trabalhos de Salvador Dalí. Os autores descrevem alguns aspectos da pintura de Dalí relacionando-os à Teoria Quântica e à Relatividade, e enfatizam a importância do trabalho multidisciplinar ao se pensar em atividades para o EM com o objetivo de estudar as relações entre ciência e arte. Além disso, explicitam a importância de se considerar a “[...]”

separação de conteúdos entre as duas culturas, ou seja, não apenas identificando a imaginação artística com a racionalidade científica, mas enfatizando sua complementaridade produtiva” (ANDRADE et al, 2007, p. 407).

Ainda na categoria *elaboração e/ou aplicação de propostas de ensino* de conhecimentos de FQ/FMC, o trabalho de Carvalho Neto et al (2009), enfatiza a importância de se trabalhar o caráter probabilístico da FMC no EM. Os autores procuram desenvolver atividades que particularizam as diferenças de interpretação entre o caráter preditivo da Mecânica Clássica (MC) e da Mecânica Quântica (MQ). O principal objetivo do trabalho é analisar a estrutura cognitiva dos alunos sobre o significado de previsão em MQ e o significado de probabilidade no contexto desta teoria científica. Para isso, eles desenvolvem e implementam uma estratégia de ensino para abordar os aspectos probabilísticos da MQ para eventos individuais. Os autores utilizam como referencial de análise a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel e o conceito de mudança conceitual, no entanto, eles enfatizam:

Nós não procuramos fazer uma simples mudança na estrutura cognitiva dos alunos. Moreira (apud Peduzzi, 1999), extraindo das teorias de Ausubel, Novak e Gowin, havia alertado sobre a dificuldade de efetuar a mudança conceitual, porque conceitos alternativos também são frutos de uma aprendizagem significativa e, portanto, resistentes à mudança. Em linha com este pensamento, o que buscamos foram estratégias para a aprendizagem de significados compartilhados em um contexto científico e não o "abandono de significados alternativos, mas a aquisição da consciência de que tais significados são errôneos no contexto da ciência (CARVALHO NETO et al, 2009, p. 66).

Os autores realizam duas intervenções numa sala de aula constituída de estudantes do 3º ano do EM, com o objetivo de analisar a evolução conceitual destes em relação ao caráter probabilístico da MQ e suas diferenças em relação a MC. De acordo com os autores, ao término da 1º intervenção, grande parte dos estudantes participantes da pesquisa entendem que a

utilização de probabilidade em MQ não é o reflexo da impossibilidade de se construir equipamentos que aumentem a certeza na medida realizada em experimentos, mas sim parte integrante da teoria. Por outro lado, alguns estudantes veem no uso não eliminável de probabilidade a ideia equivocada de que a MQ não é uma teoria preditiva. Uma das consequências de tais resultados é que os alunos compreendem as limitações da mecânica clássica no domínio atômico, porém encontram dificuldades em compreender a visão quântica (CARVALHO NETO et al, 2009, p. 74).

Numa segunda intervenção, realizada posteriormente pelos autores, é apresentado aos estudantes, por meio de um minicurso, o experimento da fenda dupla realizado com elétrons. A escolha de tal experimento é justificada tendo como referencia o físico americano Richard Feynman (1918 – 1988). De acordo com Feynman, alguns dos mistérios da MQ podem ser discutidos tendo como base o experimento da fenda dupla com partículas. Nesta segunda e última etapa, os autores concluem que é possível trabalhar a visão probabilística da MQ com alunos do EM na busca de uma aprendizagem significativa. Eles inferem que um dos requisitos para isso é que os estudantes possuam subsunçores apropriados em relação ao caráter preditivo da MC ancorados na concepção que temos de predição oriunda do senso comum, ou seja, quando há uma ideia estável previamente construída sobre previsão estabelecida antes na estrutura cognitiva do aluno.

No trabalho de Ostermann et al (2009) os autores defendem que o conceito de dualidade onda-partícula é a porta de entrada para o aprendizado da MQ no EM. Nesse tipo de abordagem eles renunciam daquela trazida pela maioria dos livros didáticos usados na graduação, que utilizam uma sequência histórica na apresentação dos conceitos e da fenomenologia da física quântica. Como os próprios autores apontam, este tipo de abordagem foi defendida por físicos importantes, entre eles, Werner Heisenberg (1901 - 1976). No entanto, eles enfatizam que tal

estratégia, para se ensinar conceitos de FQ no EM, necessita “[...] que o professor disponha de muito conhecimento no assunto e de muito tempo para reflexão com os alunos” (OSTERMANN et al 2009, p. 1095). Sendo assim, o tipo de atividade realizada em sala de aula, poderia prescindir de aspectos históricos da MQ, tendo como foco principal a discussão de resultados obtidos através da realização de experimentos virtuais. Os autores utilizam para isso um interferômetro de Mach-Zehnder Virtual (IMZ). O IMZ possui dois divisores de feixes equivalendo a um experimento de dupla fenda, prescindindo assim, de acordo com os autores, à introdução de um modelo novo no estudo de fenômenos quânticos (OSTERMANN et al, 2009). Para explicar os fenômenos observados, eles utilizam como analogia os resultados de experimentos tipicamente ondulatórios para o caso da ótica clássica.

Num outro ramo da FMC, que diz respeito à Teoria da Relatividade Restrita (TRR) de Einstein, Köhnlein e Peduzzi (2005) desenvolvem um Módulo Didático baseado numa abordagem histórico-filosófica. O módulo centra-se em aspectos históricos e filosóficos da TRR e foi planejado tendo como perspectiva os três momentos pedagógicos de Angotti e Delizoicov (problematização inicial, organização do conhecimento e aplicação do conhecimento). De acordo com os autores, este tipo de estratégia “[...] mostrou-se bastante positiva, capaz de envolver o aluno nas discussões em sala de aula e promover o seu interesse” (KÖHNLEIN; PEDUZZI, 2005, p. 63). Eles salientam ainda a importância de se trabalhar tais temas em sala de aula devido ao caráter problemático no estabelecimento da TRR como uma teoria plenamente aceita pela comunidade científica. A TRR é um exemplo típico da mutabilidade da ciência, e discussões dessa natureza, contribuem para que o aluno tenha noções sobre o caráter social e histórico da construção dos conhecimentos científicos.

Outra revisão de interesse é a realizada por Pereira, Ostermann e Cavalcanti (2009) que analisaram os trabalhos produzidos nas principais revistas nacionais e internacionais de

ensino de ciências sobre a inserção de FMC no EM. A seleção das revistas foi pelo critério de sua classificação na CAPES (Qualis) escolhendo aquelas que são de nível A e B, em âmbito nacional, e nível A no caso de internacional. As revistas escolhidas foram: Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Ciência & Educação, Ensaio – Pesquisa em Educação em Ciências, Investigações em Ensino de Ciências, Revista Brasileira de Ensino de Física e Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências e as internacionais American Journal of Physics, Enseñanza de la Ciencias, International Journal of Science Education, Physics Education, Revista Electrónica de Enseñanza de la Ciencias, Science Education e Science & Education.

A partir da análise dos trabalhos, os autores elaboraram uma classificação de acordo com as seguintes categorias: propostas didáticas testadas em sala de aula, levantamento de concepções, bibliografia de consulta para professores e análise curricular (PEREIRA; OSTERMANN; CAVALCANTI, 2009, p. 394). As propostas didáticas referem-se a trabalhos que desenvolveram algum tipo de atividade em sala de aula com o objetivo de trabalhar temas de FMC neste espaço escolar. Nesta categoria englobam-se os seguintes tipos de trabalhos: estratégias para abordar FMC no ensino médio, aqueles que avaliam mudanças no ensino de FMC em nível superior, o uso de tecnologias de informação e comunicação, abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e articulação com a história e a filosofia das ciências (HFC).

Com relação aos trabalhos que utilizaram tecnologias da informação e comunicação, incluem-se aqueles que desenvolveram atividades com o uso de softwares educacionais (MACHADO; NARDI, 2006), experimentos virtuais (TRINDADE et al, 2005), e livros e/ou textos de divulgação científica (OSTERMANN; RICCI, 2005). Nestes trabalhos os autores desenvolvem atividades em sala de aula, tanto no nível médio quanto superior, utilizando-se de recursos tecnológicos como computadores, hipertextos e simuladores computacionais com o objetivo de motivar e facilitar a compreensão de alguns conceitos da FMC pelos alunos. Os

resultados dos trabalhos apontam que os recursos utilizados contribuem de forma geral para facilitar a interação dos alunos com os conceitos de FMC.

A segunda categoria descrita por Pereira, Ostermann e Cavalcanti (2009) engloba trabalhos que avaliaram o conhecimento de professores e alunos acerca de temas de FMC. Nesta categoria encontram-se trabalhos que realizaram levantamento das dificuldades dos estudantes para entender a MQ (SINGH, 2001), estudo dos modelos desenvolvidos por estudantes para explicar fenômenos da FMC (WITTMANN et al, 2002), posicionamentos dos estudantes quando o assunto estudado relacionava-se a temas controversos da FMC, como energia nuclear (YANG, 2003), por exemplo, entre outros da mesma natureza.

Na terceira categoria descrita intitulada *Bibliografias de consulta para professores*, foram identificadas quatro subcategorias: textos didáticos, novos recursos didáticos, novas propostas e estratégias didáticas e divulgação científica. Dentre os trabalhos analisados, encontram-se aqueles que utilizaram alguns recursos da Divulgação Científica (DC). Mackintoshi (2001), por exemplo, discutiu a questão da energia nuclear e seus aspectos negativos adquiridos invariavelmente pela origem do estudo dos processos nucleares estarem ligados à bomba atômica de Hiroshima. Com o objetivo de popularizar o conhecimento da energia nuclear, membros da comunidade científica europeia realizam turnês expositivas, produção de livros populares e uma página na web. Bergström et al (2001) trabalharam o conceito de dualidade onda-partícula e outros aspectos da MQ com o público de Estocolmo através de uma exposição teórica e experimental. A motivação da exposição é devida ao sucesso adquirido pela peça de teatro Copenhagem em cartaz na Suécia. A peça também foi encenada no Brasil sob a direção de Marco Antonio Rodrigues e os atores Carlos Palma, Oswaldo Mendes e Selma Luchesi como Werner Heisenberg, Niels Bohr e Margareth Bohr respectivamente. Ela também aborda diálogos entre Niels Bohr e Werner Heisenberg sobre aspectos da MQ na época da Segunda Guerra Mundial. A

peça deu origem ao filme de mesmo nome de 2002, estrelado por Daniel Craig no papel de Heisenberg e Stephen Rea no de Bohr e tendo Howard Davies como diretor.

Em relação à subcategoria de trabalhos que fizeram uso de livros de divulgação científica, está o de Jacobs e Wiseman (2005). Com o objetivo de explicar o conceito de não-localidade os autores adaptaram algumas histórias de mistério de Sherlock Holmes, trabalhando-as com os estudantes.

Em trabalhos mais recentes sobre a inserção da FMC no EM Guerra e Morais (2013), por exemplo, utilizaram aspectos da HFC com o objetivo de trabalhar o conceito de energia numa turma de 1º ano do ensino médio. Dentre as atividades realizadas pelos autores, está o uso de trechos do documentário *Einstein's Big Idea (A grande ideia de Einstein, 2005)*. Este documentário narra a história de cada símbolo da equação de Einstein $E = mc^2$, associando-o ao principal cientista responsável pelo desenvolvimento de sua compreensão. No caso da massa, por exemplo, simbolizado por m , o documentário narra a empreitada do cientista Antoine Lavoisier (1743 - 1794) para estabelecer o princípio da conservação da massa. Inicialmente, Guerra e Morais (2013) iriam usar apenas o trecho referente a Lavoisier, no entanto, como apontado por eles:

Os alunos participaram ativamente da aula. Nas duas turmas, os alunos ficaram bastante atentos durante a exibição do filme e após a exibição lançaram muitas perguntas à professora. As dúvidas e inquietações passavam tanto por curiosidades sobre a biografia de Lavoisier, quanto sobre seu trabalho. Essa peculiaridade fez com que optássemos por usar outros trechos do filme em aulas posteriores (GUERRA; MORAIS, 2013, p. 1502-6).

Os autores justificam a utilização do documentário, pois, de acordo com eles, este apresenta elementos da vida de Lavoisier contextualizando o tempo histórico no qual ele vivia, como o mobiliário de seu laboratório, a arquitetura de Paris da época e a relação de Lavoisier

com a Revolução Francesa. No entanto, eles apontam alguns problemas relativos à narrativa do filme ao apresentar traços do uso de pseudo-história como, por exemplo, ao apresentar Lavoisier como o criador de uma nova química. Para evitar uma imagem equivocada da ciência, os autores, salientam a importância de se discutir em sala de aula as possíveis ideias antecedentes e alternativas anteriores à aceitação do princípio de conservação desenvolvido por Lavoisier. Além disso, os autores discutem os aspectos sociais, culturais e históricos que levaram à enunciação de tal princípio.

Além do trecho citado acima, eles trabalharam os trechos sobre a controvérsia entre Newton e Leibniz sobre a ideia da *vis viva* e a contribuição dada por Émilie du Châtelet (1706 - 1749) na solução da controvérsia, e o trecho sobre a vida e a pesquisa desenvolvida por Lise Meitner (1878 - 1968) e Otto Hahn (1879 - 1968) sobre fissão nuclear. Além do documentário, os autores passaram dois vídeos sobre o experimento de Rutherford e outro sobre o efeito fotoelétrico.

De modo geral, os autores perceberam que o documentário, juntamente com a mediação da professora da turma, contribuiu para gerar discussões e muitas dúvidas em sala de aula evidenciadas pelas perguntas e questionamentos suscitados pelos alunos durante as atividades e textos produzidos pelos mesmos. Os autores puderam constatar que: as atividades contribuíram para a compreensão do princípio de conservação e transformação de energia, para a percepção da relação entre as disciplinas e que a ciência e a sociedade estão relacionadas e o reconhecimento de que a energia é um conceito essencial da vida (GUERRA; MORAIS, 2013, p. 1502). No entanto, os mesmos textos apresentaram trechos com concepções ingênuas sobre as disputas realizadas na ciência em torno do conceito de *vis viva*. De acordo com os autores, os alunos associaram a disputa entre Newton e Leibniz como decorrente de uma disputa e rivalidade

peçoal e não em torno da compreensão do conceito de *vis viva* envolvendo a controvérsia do termo v ou v^2 para a energia cinética.

Dentre as conclusões às quais chegaram os autores, uma sugere que a escolha de uma abordagem histórico-filosófica em torno do uso dos conceitos de conservação e transformação possibilita um entremeio em um objetivo maior que é a inserção de conceitos de FMC no EM (GUERRA; MORAIS, 2013, p. 1502-9).

Em trabalho de 2014 sobre a inserção do conceito de átomo de Bohr no EM, Parente, dos Santos e Tort (2014) propõem uma maneira de introduzir o modelo de Bohr sem recorrer ao conceito de momento angular, como é tradicionalmente feito nos cursos de introdução a física quântica na universidade. Os autores justificam essa escolha argumentando que o conceito de quantização do momento angular não é trabalhado no EM, sendo assim, introduzi-lo como um postulado arbitrariamente parece algo mais próximo da magia do que da ciência (PARENTE et al, 2014, p. 1502-4). Eles propõem, então, a apresentação do conceito de átomo de Bohr no EM por meio de analogias. Para isso, usam uma analogia entre o fato de que os elétrons só podem descrever orbitas específicas nos átomos com o fato de que uma corda atada em suas extremidades também só pode oscilar em determinados comprimentos de onda específicos. Primeiramente, eles argumentam que é necessário apresentar os conceitos de interferência, ressonância e estados estacionários, sem a utilização do conceito de momento angular. Logo em seguida apresenta-se a dualidade onda-partícula “[...] que pode ser feita de modo descritivo e com o apoio dos resultados de experimentos modernos de interferência e difração de elétrons” (PARENTE; dos SANTOS; TORT, 2014, p. 1502-3). Logo em seguida explica-se a relação de Broglie que conecta ondas e partículas, a saber, $\lambda = h/p$. De acordo com os autores, uma vez que

apresentemos estes conceitos iniciais, a analogia entre ondas estacionárias e o elétron numa orbita fechada poderia ser usada. Os autores não comentam se realizaram tal estratégia em sala de aula.

De forma geral, a pesquisa aponta que os tipos de abordagens usadas em sala de aula com o objetivo de se trabalhar a inserção da FMC no EM não devem ser pensadas da mesma forma que a Física Clássica vem sendo trabalhada no mesmo ensino. Os trabalhos analisados mostram uma preocupação com aspectos do ensino e aprendizagem da FMC muito diferente do uso de sua linguagem matemática apenas. A importância de se aprender rudimentos da FMC no EM não se resume à compreensão dos conceitos físicos por trás do funcionamento de equipamentos tecnológicos. É certo que os conceitos e fundamentos da FMC participam ativamente do cotidiano das pessoas, através, principalmente, de produtos tecnológicos que têm como base de seu funcionamento princípios da FMC. No entanto, a importância de se aprender noções de FMC no EM não se resume a isso. A FMC foi responsável por uma revolução científica na estrutura de pensamento equiparável somente à revolução científica do século XVII, devido a Galileu, Kepler, Newton e outros. Assim como a revolução científica do século XVII, a revolução ocasionada pela FMC contribuiu e sofreu influências de outras áreas do conhecimento, como da química, da biologia, da arqueologia, arte etc. Além disso, por se tratar de um assunto relativamente atual e cujas consequências fazem parte de nosso dia a dia, a FMC possibilita um espaço de discussões em sala de aula que contribuem para uma análise mais detalhada do fazer científico, e a superação da visão de ciência como um processo linear e cumulativo.

Poderíamos enumerar vários motivos que justifiquem a inserção de FMC no EM, no entanto, apontamos como os principais, no contexto da utilização de DDC, principalmente quando estes são vistos em situações pedagógicas que incluem a mediação do professor, os mesmos apontados por Torre (1998, p. 70-71):

- Conectar o estudante com a sua história;
- Possibilitar que o aluno possa localizar corretamente o ser humano na escala temporal e espacial da natureza;
- Propiciar o entendimento sobre as múltiplas e evidentes consequências tecnológicas da FMC;
- Ensejar beleza, como também prazer, pelo conhecimento, haja visto que tudo isso constitui parte inseparável da cultura, pois o saber nos faz livres e valoriza a humanidade.

A visão de ensino e aprendizagem que norteia este trabalho procura fornecer ferramentas aos estudantes para que possam conduzir o seu destino frente às mudanças profundas e rápidas que caracterizam as sociedades contemporâneas e para que se tornem capazes de encontrar um melhor e mais adequado equilíbrio entre vida profissional e aprendizagem, bem como de exercer uma cidadania ativa, crítica e produtiva (DELORS, 2001).

Muitas são as dificuldades encontradas quando pensamos em mudança e inovação no ensino de ciências na escola. Entre outros aspectos, a falta de interação entre as disciplinas e a forma como os conteúdos científicos são ensinados, destoados do cotidiano dos alunos, dificulta um espaço de diálogo entre os saberes constituídos na escola e os conhecimentos adquiridos fora dela. Assim, o trabalho utilizando estratégias e abordagens diferenciadas em sala de aula utilizando, por exemplo, Textos de Divulgação Científica (TDC) e DDC podem contribuir para a aprendizagem das ciências. Como aponta Orlandi (2008) referindo-se à divulgação da ciência no jornalismo científico:

Quanto mais ele (o jornalista científico) leva o leitor a compreender o processo, e insiste menos na representação terminológica da ciência, mais dentro desse circuito ele consegue pôr o seu leitor. E se assim for, trabalhando o processo de exterioridade da ciência, e não submetendo aos efeitos de seu produto, no mito da informação e da transmissão de conhecimento, o jornalismo científico habilita o sujeito a produzir um gesto de interpretação, um movimento de

ciência, pela forma como se constitui, passa a ter um lugar (mais) real no social (ORLANDI, 2008, p. 159).

Apesar da passagem se referir ao jornalismo científico, ela se aplica aos processos de mediação em sala de aula, uma vez que, neste espaço é dada demasiada importância às definições e representações terminológicas da ciência, incluindo sua linguagem matemática. Sendo assim, os processos de mediação pensados por nós, ao utilizarmos DDC em sala de aula com o objetivo de inserção de tópicos de FMC, prescindem o saber da linguagem com que a física é construída e a matemática na resolução de exercícios. Em contrapartida, direcionamos o nosso foco para o desenvolvimento de elementos que contribuam para que o estudante se torne um cidadão mais participativo e leitor de ciência por vias audiovisuais e que saiba produzir um diálogo mais construtivo e democrático sobre os efeitos positivos e negativos da empreitada científica. Para isso, acreditamos que ao pensarmos no EM, um dos atores responsáveis pela mediação destes tipos de discussões em sala de aula, será o professor que hoje está em formação. Para que ele venha a trabalhar com DDC convém adquirir o hábito ou mesmo a cultura de ler sobre a ciência através de DDC instrumentalizando-se para elaborar uma discussão profícua em sala de aula com os alunos sobre temas científicos tratados em DDC. Não apenas como um acréscimo de conteúdos de FMC, mas também, uma inserção que contribua para que o estudante compreenda o desenvolvimento social e histórico como um elemento da cultura e desenvolvimento científico a partir do século XX.

A pesquisa em ensino de física tem mostrado uma crescente apropriação, por parte dos professores de física da escola básica, das propostas de mudanças curriculares com objetivos de inserção de tópicos de FMC no ensino médio. No entanto, existem alguns problemas referentes às metodologias e escolhas sobre quais e como tratar os assuntos da FMC no espaço da sala de aula. Estes problemas geralmente estão relacionados, entre outros fatores, à formação dos

futuros professores da escola básica. Neste sentido, há um longo trabalho a ser feito, principalmente com relação às mudanças curriculares das licenciaturas em física.

Já há bastante tempo, vem sendo realizada uma mudança estrutural nos cursos de licenciatura em física no Brasil. Surge no cenário das licenciaturas, profissionais com formação na área de ensino de física e ciências em geral. Disciplinas como Práticas do Ensino de Física, Metodologias, Estágio Supervisionado em grande parte têm caráter dinâmico com a junção dos conhecimentos pedagógicos aos conhecimentos específicos da física visando um ensino contextualizado e multidisciplinar. No entanto, para que esses conhecimentos se concretizem no espaço escolar é necessário políticas de incentivo aos professores em formação inicial e em serviço para que se dediquem de fato à carreira docente no ensino médio. Salário digno, visibilidade social da profissão de professor e melhoria em infraestrutura são alguns dos problemas mais urgentes a serem resolvidos.

Como já apontado por alguns pesquisadores (JÚNIOR; CRUZ, 2009) a inserção de conteúdos de FMC no ensino médio não deve ser pensada nos mesmos moldes didático-metodológicos que são apresentados os conteúdos da física clássica. Pois, se assim for, estaremos apenas acrescentando mais temas diferentes no currículo já sobrecarregado de física no ensino médio. Além disso, como apontado por alguns pesquisadores (LOBATO, GRECA, 2005; JÚNIOR; CRUZ, 2009) alguns professores relatam ter dificuldades em trabalhar tópicos de FMC no ensino médio devido às complexidades matemáticas inerentes à teoria. No entanto, estes mesmos professores parecem carregar características de sua formação ambiente, dividida entre as aulas na universidade em disciplinas que contemplam FMC nos moldes tradicionais, teoria mais resolução de problemas, e suas experiências como professores iniciantes de física no EM.

Entre outros aspectos, tópicos da FMC poderiam ser usados para contextualizar os modos de funcionamento da ciência, onde o aluno, independente de sua escolha profissional,

adquira elementos da linguagem científica, de sua natureza e suas principais metodologias. Além disso, a FMC traz aspectos de ruptura epistemológica em relação à física clássica sobre o modo de pensar e explicar os fenômenos naturais que abarcam em si discussões sobre História e Filosofia da Ciência. A abrangência da FMC sobre nossas vidas não reside somente nos impactos positivos e negativos sobre o social e ambiental incluindo aí as aplicações tecnológicas, mas também, e principalmente, sobre a visão de mundo que temos sobre nós mesmos e sobre o universo. Por exemplo, os métodos de datação arqueológica que foram desenvolvidos na segunda metade do século XX, e aperfeiçoados a partir da década de 80 do mesmo século, com o auxílio da FMC, provocaram uma revolução nas ciências arqueológicas sobre a compreensão da evolução humana equivalente, talvez, à publicação da Origem das Espécies, por Charles Darwin no século XIX. Sendo assim, a FMC remodelou a metodologia de trabalho da arqueologia com o advento da datação arqueológica por meio de decaimento radioativo.

Como dito anteriormente, não é esperado que o trabalho de tópicos de FMC nesse nível de ensino se dê da mesma forma que a física clássica. Outros aspectos devem ter relevância quando se discute a seleção de tópicos para se trabalhar sobre FMC no EM, por exemplo, o fato da FMC fazer parte de muitos dos aparatos tecnológicos de nosso cotidiano. Quando pensamos que fenômenos naturais e diversas aplicações tecnológicas ou a compreensão mais profunda de respostas para muitas das perguntas que fizeram parte da evolução humana puderam ser respondidas utilizando-se para isso conceitos da FMC, abre-se um espaço muito grande de escolhas de tópicos para serem trabalhados com os alunos do ensino médio. Somente para ilustrar, podemos discutir questões como idade do universo, datação arqueológica ou mesmo alguns aspectos da relação entre ciência e tecnologia como funcionamento do monitor de uma TV de cristal líquido (LCD) ou de uma de diodo emissor de luz (LED), aparelhos de ressonância magnética, código de barra, portas que abrem “sozinhas”, lâmpadas fluorescentes etc. E também

questionar e discutir sobre os benefícios ou malefícios de tais tecnologias para a qualidade de vida dos cidadãos, como por exemplo, a necessidade ou não de se investir dinheiro público na construção de usinas nucleares, ou os perigos da radiação solar.

Quando pensamos na discussão de assuntos relacionados a FMC no EM, implicitamente levamos em consideração alguns objetivos formativos para os alunos deste nível de ensino. Entre aspectos da vida produtiva e da sociedade em geral, também devemos levar em consideração a curiosidade do ser humano em “poder” explicar os fenômenos da natureza ao nosso redor. A compreensão/intervenção sobre sua realidade próxima não são fatores únicos que motivam a aprendizagem dos alunos do ensino médio. O cotidiano a que nos referimos inclui não só aspectos derivados do sistema produtivo e da realidade geral em que vivemos, mas também a satisfação da curiosidade natural inerente ao ser humano, que o impulsiona na busca do conhecimento, e a satisfação das solicitações incentivadas pelos meios de comunicação (TERRAZAN, 1992).

1.2. Aspectos gerais sobre os documentários de divulgação científica

Neste item descrevemos alguns aspectos dos documentários, centralizando nossas discussões em uma classe de documentários classificados aqui como de Divulgação Científica. A denominação que usamos é uma tradução livre do inglês *Science Documentaries*. Damos algumas características dos Documentários de Divulgação Científica (DDC) de tradição inglesa e americana, pois foram os tipos utilizados em nossa pesquisa em sala de aula.

A palavra inglesa *documentary* parece que foi usada pela primeira vez por John Grierson (1898 - 1972) em 1926 em referência ao filme *Moana* de Robert Flaherty (1884 - 1951) (JESUS, 2008; BIENVENIDO, 2007). Grierson foi um dos responsáveis pelo início do movimento do documentário britânico, e sua preocupação inicial era o despreparo do cidadão

britânico para lidar com questões da sua atualidade. De acordo com ele, o documentário funciona para o fortalecimento da educação formal tradicional que não estava dando conta da realidade mais concreta do mundo (BIENVENIDO, 2007).

De acordo com Nichols (2010), a origem do *documentário* na forma que conhecemos hoje se deveu a vários fatores, entre eles: o desenvolvimento do refinamento narrativo, iniciado por Robert Flaherty (1884-1951) em *Nanook, o esquimó* (1922) e a habilidade comercial de Grierson em estabelecer uma base institucional para o chamado cinema documentário. Flaherty ordenou os fatos observados numa perspectiva dramática, com a ajuda da montagem narrativa: construiu personagens – Nanook e sua família – e estabeleceu obstáculos que impulsionaram a narrativa – o meio hostil dos desertos gelados (JESUS, 2008).

Assim como Dziga Vertov fizera na antiga União Soviética na década de 1920 e Pare Lorentz faria na década seguinte nos Estados Unidos, Grierson tornou-se o inspirador dos movimentos britânicos no cinema documentário. Foi Grierson quem assegurou um nicho relativamente estável para a produção de documentários na Grã-Bretanha a partir da década de 1930 até os dias de hoje (NICHOLS, 2010). Como apontou Ramos (2008, p. 13):

Com a chegada do som ao cinema 1929/30, Grierson apresenta na Inglaterra o documentário como uma proposta educativa, onde a *voz over* informativa e clara deveria estar sempre sobreposta às imagens, passando-nos toda a informação, sem nunca vermos o rosto de quem fala. Nasce assim a estrutura do documentário clássico.

De acordo com Nichols (2005, p. 47 - 49) na história do documentário, podemos identificar no mínimo quatro principais estilos, cada um com características formais e ideológicas distintas:

- *Discurso direto*. Da tradição de Grierson, estabeleceu-se como uma forma acabada de documentário, por isso também classificado como documentário clássico. Sua principal

característica é a narração fora de campo, quase sempre arrogante e em muitos casos a narração domina os elementos visuais, embora possa ser poética e evocativa;

- *Cinema direto*. Com promessas de “efeitos de verdade” graças à objetividade, ao imediatismo e à impressão de capturar fielmente acontecimentos ocorridos na vida cotidiana das pessoas. O estilo busca tornar-se “transparente” captando as pessoas em ação e deixando que o espectador tire conclusões sobre elas sem a ajuda de nenhum comentário, implícito ou explícito.
- *Filme de entrevista*. Incorpora o chamado discurso direto, no qual personagens ou narrador falam diretamente ao espectador, geralmente na forma de entrevistas. Esses filmes forneceram o modelo para o documentário contemporâneo.
- *Documentário auto-reflexivo*. Este tipo de documentário mistura passagens observacionais com entrevistas, a voz sobreposta do diretor com intertítulos, deixando claro o que sempre esteve implícito: o documentário é uma forma de representação, e nunca uma janela para a realidade. O cineasta sempre é testemunha participante e ativo fabricante de significados, muito mais um produtor do que um repórter neutro ou onisciente da verdadeira realidade das coisas.

Na classificação de Nichols, o documentário usado em nosso trabalho *A caverna dos sonhos esquecidos*, possui elementos de *filme de entrevistas* e *documentário auto-reflexivo*. O narrador - o próprio Herzog - participa como personagem, realiza entrevistas com cientistas e pesquisadores que participaram desde 1994, data da descoberta da caverna, de atividades como datação das pinturas, mapeamento do sítio arqueológico, interpretação dos significados das pinturas, entre outras. Além disso, como a passagem pela qual a equipe de filmagem e cientistas podia andar dentro da caverna tinha apenas 60 cm de largura, e a equipe de filmagem foi limitada

a quatro pessoas, não era possível ela se esconder para ficar fora do enquadramento (KLINGER, 2012).

No entanto, os tipos de questões elaboradas por Herzog não se limitam àquelas relacionadas à transmissão e confirmação de um discurso científico. Há um espaço considerável para imaginação e criatividade que proporcionam e instrumentalizam o espectador para produzir um vasto campo de reflexões. Por exemplo, quando Herzog entrevista o cientista Jean-Michel Geneste, que, além de explicar as técnicas de pintura usada pelo homem do Paleolítico, demonstra como este usava lanças para caçar animais. Ao entrevistar o antropólogo Julien Monney, e este mencionar, num primeiro momento, que já tinha trabalhado como artista de circo e, em outro, que devido aos sonhos que tivera sobre a pintura contida na caverna chamada “Painel dos Leões”, tinha abandonado momentaneamente suas visitas a ela, Herzog pergunta se ele já tinha trabalhado como domador de leões. Um tipo de questão que sugere a coexistência de dois tipos de discursos: um, de uma posição de artista de circo, imbuído de fantasia, imaginação e obsessão pelas descobertas da caverna, e outro, da posição de cientista (KLINGER, 2012).

Uma das primeiras tentativas de se usar filmagens com o intuito de popularizar a ciência ocorreu na Grã-Bretanha pela empresa Urban Trading, fundada por Charles Urban. Um de seus primeiros curtas refere-se a imagens microscópicas, intitulado *Blood in the Frog's Foot* (1903), que mais tarde faria parte de uma série chamada *Unseen World* (BIENVENIDO, 2007). Iniciativa semelhante foi realizada na França, também em 1903, por Dr. Jean Comandon, com o filme *Microscopic life in a lake* de 1903. Considerado o primeiro filme de biologia, o objetivo de Comandon era “[...] demonstrar aos seus colegas certos fenômenos de curta duração para a posterior preparação de experimentos ou simplesmente a observação de coisas ou fatos da vida biológica”. Em 1909 Comandon filmou, pela primeira vez, o organismo que causava a sífilis e

enviou o material para a Academia de Ciências de Paris como parte de sua tese de doutorado (BIENVENIDO, 2007).

No começo da década de 30 do século XX a Atlantic Films, produziu o *Three minutes of astronomy*, reproduzindo o movimento acelerado dos planetas e da lua por meio de animações (BIENVENIDO, 2007). A mesma técnica foi usada por Étienne Lallier com o objetivo de popularizar a teoria da relatividade. Ao longo destes anos documentários foram produzidos nos mais variados países sendo em sua maior parte sobre aspectos taxonômicos da natureza, sem se preocupar ainda com os aspectos comportamentais, como é feito nos documentários atuais sobre natureza animal, principalmente os produzidos pela National Geographic. De fato, a filmagem de animais em seu habitat natural, seja caçando, acasalando, ou realizando qualquer outro tipo de atividade demanda um tipo de tecnologia que ainda não existia na época.

No Brasil, a preocupação com a produção de documentários com objetivos educacionais também é antiga. Os primeiros documentários produzidos estiveram vinculados a fins pedagógicos, tornando-se sinônimo de filme educativo, pois suas temáticas relacionavam-se com conteúdos curriculares. Tais documentários, inicialmente produzidos por Humberto Mauro (1897 - 1983) entre 1936 e 1964, num total de 357 eram, em sua maioria, os chamados científicos e técnicos. De acordo com Jesus (2008):

Tais filmes seguiram a matriz estético-ideológica do documentário clássico, baseados na ideia de dramatização, interpretação e intervenção social. O realizador, enquanto transmissor da ciência, é o intérprete da sociedade, pois a realidade não apresenta diretamente, mas através do método, e a credibilidade advém da autoridade científica (JESUS, 2008, p. 238).

Tanto no Brasil quanto na Europa e Estados Unidos, a discussão sobre as representações de ciência veiculadas pela mídia no espaço escolar é recente. No currículo nacional do Reino Unido, por exemplo, a preocupação de se discutir tais questões é colocada nos

principais programas curriculares, onde é sugerido que: “[...] os estudantes de 11 a 14 anos, devem possuir um entendimento sobre as formas de representação da ciência pela mídia ou pelos próprios cientistas” (MCCLUNE; JARMAN, 2012, p. 2).

A questão da origem e desenvolvimento dos documentários pode ainda ser discutida por um viés relacionado à fé que temos no poder da imagem em retratar o real. A crença na transparência da imagem, adquirida bem antes das primeiras apresentações de imagens em movimento através da fotografia, se deve às primeiras apresentações feitas por Louis Lumière no final do século XIX. Nessa época, acreditava-se que a tecnologia por trás do cinematógrafo era um meio privilegiado de captar “as verdades” do mundo (JESUS, 2008). A visão de que a imagem deveria retratar fielmente o real tem origens na corrente positivista que marcou o final do século XIX. Ou seja, a fé na imagem como reprodução fiel da realidade, silenciava aspectos do ponto de vista do cineasta, sua ideologia, sua subjetividade e o caráter institucional por trás da imagem documentada por ele. Por exemplo, um dos pioneiros do documentário Robert Flaherty, em *Nanook*, criou a impressão de que algumas cenas foram filmadas dentro de um iglu, quando na verdade, elas foram gravadas ao ar livre, com um meio iglu maior do que o normal como pano de fundo. Isso possibilitou a Flaherty luz suficiente para gravar, no entanto, necessitou que seus personagens atuassem como se estivessem dentro de um iglu de verdade, quando não estavam (NICHOLS, 2010).

Desde o seu início o documentário tem como um de seus objetivos o registro do “real”. No entanto, sempre devemos ter em mente que a construção do documentário está imbuída de aspectos ideológicos, seja na escolha de determinadas cenas em detrimento de outras, ou no tipo de enquadramento utilizado, ou pelo ponto de vista do diretor, entre outros aspectos. Além disso, é corrente a discussão sobre a distinção entre o filme documentário e o filme de ficção. Esta discussão, no entanto, apesar de ser de grande importância na compreensão dos

gêneros audiovisuais, como salienta Bentes (2008) é de natureza restrita, uma vez que “[...] as fronteiras entre essas linguagens se misturam” (BENTES, 2008, p. 3). De acordo com a autora:

O documentário utiliza uma série de recursos e técnicas compartilhados pelo filme de ficção e de encenação, possui “personagens”, “cenários” e locações, toda uma série de intervenções, da câmera, do entrevistador, do narrador, do montador, que “alteram” e modificam de forma significativa o mero “registro” (BENTES, 2008, p. 3).

No início do século XX, com o advento do movimento modernista na arte, literatura e música, a expressão do artista através de seu ponto de vista sobre a realidade começou a ter prioridade sobre a “simples” reprodução da realidade. Influenciado pela vanguarda modernista, os cineastas começaram a priorizar a sua maneira de ver as coisas, em detrimento da habilidade da câmera de registrar fiel e precisamente tudo o que via (NICHOLS, 2010).

Um grande salto de popularização ocorreu a partir dos anos 50 do século XX, devido à popularização da TV como meio de informação. Nesta época surge uma série de documentários que ficou muito famosa na Grã-Bretanha: a série *Horizon*. O canal de televisão British Broadcasting Corporation (BBC) começou a transmitir a série em 1964 e ainda é transmitida até hoje, tornando-se uma referência internacional quando se trata de DDC. Desde o início dos anos 90 do século XX, a *Horizon* tem desenvolvido um tipo de narrativa característica de suas produções, onde a escolha dos assuntos a serem tratados no documentário tem como critério a relação com a vida cotidiana das pessoas. O canal brasileiro de televisão *TV Escola*, iniciativa pública do governo federal, transmite em sua programação anual, diversos documentários produzidos pela BBC, entre eles podemos citar: A história da eletricidade, Charles Darwin e a árvore da vida, A medida de todas as coisas, A História da Matemática, entre muitos outros (No Anexo VII listamos todos os documentários citados e usados neste trabalho).

Um dos apresentadores mais famosos de documentários produzidos pela British Broadcasting Corporation (BBC) é David Attenborough. Em 2003, Attenborough recebeu o prêmio Michael Faraday, “... em reconhecimento à sua dedicação em comunicar o senso de admiração que impulsiona a pesquisa científica através de palestras, livros, documentários e discussões”. Entre principais documentários apresentados por Attenborough estão: *Life on Earth* (1979), *Life in Cold Blood* (2008), *Charles Darwin and the Tree of Life* (2009) e *Africa* (2013). Todos trazem um equilíbrio entre a linguagem do rigor científico e a dramaticidade da mídia televisiva segundo Bienvenido (2008).

No mesmo formato que a série *Horizon* da BBC, o canal americano Public Broadcasting Service (PBS) criou a série *Nova* que foi ao ar em 1974. Ao longo dos anos, a série produziu documentários excelentes reunindo, assim como os da BBC, aspectos importantes sobre a natureza e história da ciência aliado aos recursos tecnológicos da mídia televisiva. Entre os documentários de maior destaque, estão *The miracle of life* (1983), *Spy Machines* (1987), *The Elegant Universe* (2003) e o docudrama $E=mc^2$ – Einstein’s Big Idea, produzido conjuntamente com a BBC.

Juntamente à discussão sobre o registro do real, existe a discussão sobre os limites do uso de efeitos especiais, computação gráfica e animações digitais na realização de DDC, e em que grau isso afeta a qualidade da informação transmitida por eles. Dijck (2006), por exemplo, analisa dois DDC que fazem uso exaustivo destas técnicas: *Walking with Dinosaurs*, transmitido pela BBC em 1999, e *The Elegant Universe*, transmitido pela PBS em 2003. De acordo com a autora, o uso de efeitos especiais e computação gráfica podem contribuir para o entendimento de teorias abstratas. A autora discorda de outros autores que estabelecem uma divisão nítida entre o assim chamado *paradigma realista* e o *paradigma ficcional* quando se trata de DDC. O paradigma realista, associado ao que chamamos de documentário moderno e o paradigma

ficcional ou pós-moderno, estabelece características próprias a cada gênero audiovisual, onde a principal característica do paradigma realista é a busca da representação da realidade. De acordo com a autora, mesmo os documentários que tentam representar objetivamente a realidade, os ditos do paradigma realista, “[...] nunca foram popularizações objetivas da ciência, e sempre contaram com efeitos de realidade (por exemplo, visual e narrativa) para transmitir a intenção de confiabilidade e validade” (DIJCK, 2006, p. 6). Como apontado pela autora, documentários como *Walking with Dinosaurs* não negam o realismo; pelo contrário, uma das características mais marcantes do documentário é sua adesão ao paradigma científico vigente sobre a história dos dinossauros, apesar de seu uso abundante de espetáculo visual, através de efeitos especiais e computação gráfica. Além disso, como colocado pela autora, a influência das tecnologias de visualização na ciência contemporânea não é apenas para efeitos de divulgação ou popularização desta, mas também, para atuar ativamente com o objetivo de facilitar a observação de fenômenos e a consequente compreensão destes no desenvolvimento da ciência.

O documentário *O universo elegante*, adaptado do livro homônimo do físico americano e divulgador da ciência Brian Greene, foi transmitido em mais de 100 países. Podendo ser classificado como filme de entrevistas, de acordo com a classificação de Nichols (2005), baseado na narrativa de um especialista, ele se distingue pelo uso exaustivo de animações digitais com o objetivo de visualização dos conceitos explicados no documentário. O assunto principal tratado no documentário é a especulação sobre a teoria das cordas e suas relações com as outras áreas da física. O apresentador, o próprio Brian Greene, é professor de física da Universidade de Columbia e estudioso da teoria das cordas. Seu estilo de narrar aliado aos efeitos produzidos pela animação digital, tentam explicar os principais conceitos da teoria das cordas para a pessoa leiga interessada no assunto. Ele utiliza, por exemplo, um violoncelo para explicar vibrações das cordas, uma analogia entre uma xícara de café e uma rosca para ilustrar a importância das formas

e o corte de fatias de pão para exemplificar a existência de universos paralelos. Durante as explicações/analogias/metáforas, as cenas são entrecortadas com efeitos visuais acompanhando a narração do apresentador, cujos efeitos intentam aproximar os conceitos abstratos da teoria das cordas e o telespectador (DIJCK, 2006).

No caso de DDC, apesar da imprecisão em definir um nicho relativamente específico e estável para este subgênero, algumas características são comuns a todo tipo de produção que é assim considerado. Primeiro, podemos notar que todo DDC tem relação com alguma disciplina considerada científica. Apesar de termos documentários com viés multidisciplinar, como é o caso, por exemplo, de *A caverna dos sonhos esquecidos* de Werner Herzog - 2010, a temática científica está presente ao longo de toda a obra. No entanto, no entremeio da linguagem científica, Herzog trabalha a narração usando elementos poéticos e filosóficos. Herzog distingue o que ele chama de “fato”, exemplificado, por exemplo, pela idade das pinturas e sua forma de datação e o uso da “imaginação”, exemplificado pela reflexão de como era o modo de vida do homem pré-histórico tendo como base o estudo das pinturas rupestres encontradas ali.

Além disso, o documentário deixa transparecer que o conhecimento mais profundo das obras encontradas na caverna depende também das metodologias científicas associadas aos campos das ciências, como a química, física, arqueologia etc. Ao contrário do modelo tradicional descrito anteriormente, onde o comentário em *voz over* acompanha as imagens filmadas pela câmera explicando-as de acordo com algum paradigma vigente, o documentário alterna entre a linguagem científica, poética e filosófica, abrindo assim um espaço para a reflexão do espectador.

Frequentemente os canais televisivos associam documentários de divulgação da ciência aos mais diversos tipos de recursos audiovisuais, os mais comuns sendo os que tratam de aspectos da natureza, do universo e da medicina. Porém, verificamos algumas características que são comuns a todos os programas: sempre tratam de questões geralmente estudadas por alguma

área da ciência, normalmente enfatizadas pela presença de apresentadores que são cientistas ou pela inclusão de imagens que fazem referência a determinados aspectos da ciência.

De forma geral os DDC seguem um modelo alicerçado pela busca na representação de elementos da realidade, utilizando-se para isso uma narrativa entrelaçada entre a *explicação* e *exposição* dos conteúdos científicos tratados. Historicamente os DDC caracterizam-se por trabalhar o referente de forma linear, expositiva da forma mais “didática” possível (DIJCK, 2006, p. 7). De acordo com Gardner e Young (1981, p. 177) estas características foram e são vistas como parâmetros de qualidade dos DDC, como por exemplo, os produzidos pela série *Horizon* da BBC e *Nova* da PBS.

No entanto, a busca pela qualidade no desenvolvimento de DDC para a televisão depende da forma como esta compreende como deve ser feita a divulgação da ciência. De acordo com Bueno (1984), por exemplo, a divulgação da ciência pressupõe um processo de recodificação, onde as informações e conceitos científicos contidos nos instrumentos da divulgação devem ser transmitidos da forma mais clara possível para o público ao qual ela é endereçada. Ainda de acordo com o autor, a divulgação da ciência tem como principal objetivo a tradução da linguagem científica para a divulgação com o intuito de atingir o maior número de pessoas possível e a outros pares que revelem interesse pelo assunto.

De fato, como apontado por Reid (2011), quando foi constatado que o interesse da população britânica pela ciência estava diminuindo (BODMER, 1985), surgiu a preocupação em promover uma alfabetização científica da população, com o objetivo de vencer a apatia e oposição desta em relação à ciência. De acordo com essa visão, se o público em geral conhecer mais sobre ciência, então este estaria apto a apoiá-la. A partir de então, tanto na Inglaterra quanto nos Estados Unidos e também no Brasil, surge um modelo de divulgação da ciência com o objetivo de alfabetizar cientificamente o cidadão comum. Cientistas foram motivados a participar

da produção, execução e apresentação de DDC produzidos para a televisão com o intuito de “educar” as pessoas sobre ciência (REID, 2011, p. 2). No entanto, alguns autores já haviam realizado sérias críticas a esse modelo de divulgação da ciência em outras materializações discursivas desde a década de 90 do século XX (GREGORY; MILLER, 1998; IRWIN; WYNNE, 1996). Esta crítica se deu principalmente pelo fato deste modelo considerar a ciência como um sistema privilegiado de conhecimento, cuja construção não apresenta incertezas e contestações que podem contribuir para o seu desenvolvimento (GREGORY; MILLER, 2001, p. 62).

Neste modelo, os cientistas são os porta-vozes do conhecimento científico que deve ser passado à população que espera “passivamente” absorvê-lo e, conseqüentemente, apoiar seu desenvolvimento. Como afirmam Gregory e Miller (2001, p. 62), neste modelo “[...] não há espaço para que a população possa refletir criticamente sobre os conteúdos discutidos nos meios de divulgação da ciência nem um debate genuíno sobre políticas públicas relacionadas aos direcionamentos da pesquisa científica”. Assim, podemos intuir que, os tipos de discurso da divulgação da ciência transmitidos pela televisão, estabelecem-se num processo unidirecional onde o espectador não tem oportunidades de discutir ou debater os processos de construção da ciência. No contexto brasileiro, a crítica ao modelo unidirecional da divulgação científica, é realizado por Caldas (2003) ao considerar que elaborar materiais de divulgação da ciência vai além de produzir um texto inteligível a partir de um texto fonte, ou seja, tornar acessíveis determinados conceitos científicos, a divulgação da ciência deve ter um compromisso com a construção da cidadania da população em geral.

De acordo com Roqueplo (1983) o discurso de divulgação da ciência difere-se do discurso da ciência por ser “não prático” e “unilateral”. O termo não prático se refere ao fato do espectador não ter a possibilidade de julgar ou validar o discurso apresentado, podendo simplesmente interpretar o que é apresentado, como se fosse um discurso que apresentasse a

realidade por ela mesma. O espectador, em geral, não tem ferramentas para verificar a validade das informações apresentadas podendo apenas aceitá-las como uma reflexão válida da realidade. No caso da unilateralidade o espectador pode escolher não recebê-los, porém, uma vez que os recebe, de acordo com Roqueplo, não possui uma crítica fundamentada sobre o conteúdo e a forma daquilo que lhe é apresentado.

Como resposta a essa perspectiva de alfabetização científica, surge o movimento *contextualista* de difusão da ciência. Neste caso, o modelo prevê uma relação de “mão dupla” entre ciência e público. A ciência é reconhecida como um sistema imperfeito e passível de críticas e debates sobre sua constituição e desenvolvimento. De acordo com este modelo o não interesse da população por ciência não está relacionado a algum tipo de “ignorância” ou “desinformação”, mas também, e principalmente, pelo fato do público em geral ter outros modos de avaliar a ciência e seus produtos. Há ainda, neste modelo, uma análise de como os aspectos sociais, experiência pessoal e a confiança que as pessoas têm em instituições, moldam a percepção pública da ciência (REID, 2011, p. 3).

Sendo assim, percebemos que os debates entre a relação do documentário e os espaços não formais de ensino é antiga, no entanto, sua utilização no espaço escolar, que caracteriza a educação formal, ainda é restrita aos processos de transmissão e não de socialização do conhecimento, ou seja, o uso destes recursos em sala de aula ainda segue um modelo não contextualista de trabalho, principalmente no caso da disciplina de física no ensino médio. As atividades realizadas com estes recursos muitas vezes são embasadas em visões ingênuas sobre documentários ou mesmo sobre ciência. Termos como “ilustrar”, “reforçar” um conteúdo, “complementar” a matéria dada, são usados quando pensamos nas qualidades que justificam o uso destes recursos em sala aula. No entanto, como explicitado acima, é fundamental a leitura crítica destes recursos e dos conteúdos veiculados por eles.

Apesar de existirem algumas pesquisas realizadas nos últimos anos sobre os efeitos da televisão na construção de significados sobre ciência e tecnologia na população em geral e em particular nos estudantes do ensino fundamental e médio, constata-se pouca mobilização no intuito de apropriação destas pesquisas no contexto da sala de aula (RAMOS, 2010; REID, 2011; DHINGRA, 2003; DHINGRA, 2006; DIJCK, 2006). Esta problemática se torna crítica quando pensamos na relação entre pesquisa e ensino e aprendizagem como uma via em dois sentidos: a pesquisa informa e transforma o ensino e aprendizagem e este é fonte para a realização e aprofundamento da pesquisa (MICHINEL; BURNHAM, 2007).

Neste sentido, no nosso trabalho partimos do pressuposto teórico-metodológico de que o professor, seja em formação inicial ou em serviço, é o principal ator responsável pela problematização e engajamento dos estudantes na discussão de questões propostas pelos DDC. No entanto, acreditamos que a prescrição e recomendação do que os professores devem saber e fazer em sala de aula é um caminho que vai de encontro a uma visão que busca a autonomia dos professores em sua práxis educativa. Nas diversas formas de representar a realidade, os DDC são pouco abordados como objeto de estudo e o professor fica desarmado para proceder à escolha desse tipo de produção fílmica, por falta de reflexões que apontem critérios de seleção e exploração dessa profusão de imagens que se espalham pelas telas (BRUZZO, 1998). Ao despertar-nos a capacidade de ver questões oportunas que necessitam de atenção, os documentários colocam diante de nós questões sociais e atualidades, problemas recorrentes e soluções possíveis (NICHOLS, 2010). A potencialidade dos documentários em suscitar discussões de natureza científica, histórica e social em sala de aula proporciona um espaço de criação para o professor.

Os assuntos relacionados à ciência veiculados por DDC, assim como qualquer outro assunto tratado em outros tipos de documentários, é uma construção histórica e social, são

reconstituições do mundo em que vivemos. O contato do estudante com esta linguagem se dá também, e principalmente, fora da escola, sendo assim, assumimos como pressuposto que o estudante já possui leituras individuais sobre os diversos assuntos tratados em documentários, mas talvez não sobre os documentários. Assumimos ainda que a formação cultural dos estudantes não se encerrará quando do término de seus estudos, seja secundário ou superior, pois o contato social continuará durante toda a sua vida, mas a capacidade de seleção e crítica dos saberes que a sociedade difunde depende, em grande escala, das impressões que marcaram sua vida de estudante (ALMEIDA et al, 2001). Sendo assim, leituras que transcendem o paradigma conteúdo e forma de documentários de divulgação científica, contribuem para ampliar a visão de mundo dos estudantes e futuros cidadãos.

O tipo de linguagem usada pelos DDC também é tema de discussão, uma vez que, espera-se que estes programas possuam um equilíbrio entre rigor científico e valores associados à mídia televisiva não sobrepondo, demasiadamente, uma forma sobre a outra. O discurso de divulgação da ciência não é simplesmente uma tradução de um texto científico em linguagem acessível ao público em geral, mas o desenvolvimento de um novo tipo de linguagem com suas características e objetivos (ROQUEPLO, 1983). De modo geral, as características que atribuímos para um documentário que o classifica como sendo de divulgação científica, aproxima-se da de Bienvenido (2007, p. 210), ou seja, eles possuem dois requisitos básicos:

1. Eles focam em assuntos que são resultados de pesquisas, fatos ou conhecimentos relacionados diretamente a alguma disciplina científica ou em algum tipo de argumentação baseada em conhecimento científico, seja teórico, aplicado ou das ciências sociais.

2. Eles mostram explicitamente (em imagens, na narração ou nos créditos) que têm colaboração e suporte de cientistas ou instituições, que participam como fontes de informação ou assessorando no conteúdo exposto.

A maioria dos DDC atuais segue o modelo expositivo, que na sua forma tradicional, consiste em uma voz (ou voz-over) explicando o que é uma ideia científica, paradigma ou a implicação de uma descoberta científica (DIJCK, 2006). Essa voz é do próprio apresentador, que às vezes, é um cientista que tem formação na área do referente do documentário, pois, como aponta Dijck (2006, p. 8) “Os espectadores são mais propensos a confiar em afirmações feitas pelas próprias pessoas que pesquisaram ou pesquisam o assunto que está sendo tratado no documentário e cuja autoridade é institucionalmente legitimada”. Classicamente os documentários colocam uma determinada imagem em foco, ou uma voz que a explica, ou uma pessoa que supostamente é autorizada a explicá-la. Para isso, são usadas estratégias retóricas, com o emprego de metáforas e analogias. Porém, o uso de tais recursos, apesar de ser excelente para elucidar determinados aspectos do conhecimento científico, pode contribuir para direcionar o espectador a concordar com determinados pontos de vista ideológicos e políticos dos processos ou resultados da pesquisa científica (BUCCHI, 1998). Por exemplo, no documentário americano *An Inconvenient Truth* (*Uma verdade inconveniente*) de 2006, o ex-vice presidente americano Al Gore, utiliza-se de slides, gráficos, vídeos de catástrofes e depoimentos de cientistas respeitados com o objetivo de sensibilizar o espectador sobre as consequências do aquecimento global e sua relação com a produção de CO₂ na atmosfera terrestre, principalmente após a Revolução Industrial. No entanto, um ano depois, o Canal 4 britânico transmitiu o documentário *The Great Global Warming Swindle* (*A grande farsa do aquecimento global*), utilizando os mesmos recursos retóricos do de Al Gore, porém, com o objetivo de desacreditar a influencia humana no aquecimento global devido à produção exagerada de CO₂ na atmosfera. Este assunto pode

contribuir para uma aula que privilegia um debate entre os estudantes, com a mediação do professor, contrapondo as duas visões apresentadas nos dois documentários.

Outro estilo de documentário produzido conjuntamente pela BBC e PBS, e que também utilizamos em nosso trabalho, é o *docudrama*. Um docudrama emprega recursos cinematográficos típicos do drama de ficção associados a técnicas tipicamente usadas em documentários, cujo objetivo principal é aumentar o interesse do público pelos assuntos tratados em sua narrativa. Um docudrama que fez muito sucesso nos Estados Unidos e Europa, também transmitido no Brasil pelo canal de televisão Futura, é o *Einstein's Big Idea* de 2005. Este docudrama é uma narrativa histórica do desenvolvimento de cada termo da equação de Einstein. Atores interpretam cientistas em seu tempo histórico mostrando as dificuldades encontradas por estes na construção dos conceitos científicos da época reconstituída. A reconstituição das cenas históricas é feita com a ajuda de cientistas, por meio de informações históricas sobre a época retratada (BIENVENIDO, 2007).

No contexto brasileiro, discussões sobre a mídia, em particular alguns aspectos da ciência contida em filmes e documentários e a visão que ela imprime nos cidadãos sobre o que é ciência e sua influencia no mundo atual, ainda são pouco abordados em sala de aula. Como apontado no PCN+ de Ciências da Natureza e suas Tecnologias:

O estudo do som e da imagem pode propiciar ainda meios para dimensionar o papel da informação para a vida social, acompanhando as transformações sociais que resultaram do domínio tecnológico, do registro, reprodução e velocidade de transmissão de informações ao longo da história (BRASIL, 2002, p. 75).

Seguindo a mesma linha de Terrazan (2007), consideramos que além da importância dos espaços não formais de ensino como provedores de cidadania, a escola precisa trabalhar em compasso, porém de modo crítico, com todas as mídias, televisão, jornal, revistas, vídeos, internet, ou qualquer outra. De acordo com Terrazan (2007):

De modo geral é na escola que a formação das crianças e dos jovens, no sentido de capacitá-los a fazer suas próprias leituras do mundo, a tomar suas próprias decisões de modo justificado, a atuar de modo ativo, transformador, comprometido e responsável na sociedade no sentido de prover uma discussão, assume um papel preponderante. De fato, nas últimas três décadas, os avanços vivenciado nos campos econômico e científico-tecnológico foram significativos e impactantes, mas também acompanhados de grande produção de desigualdades sociais e de efeitos contraditórios ambos igualmente significativos, e o uso de mídias diversificadas no espaço escolar contribuem para um diálogo profícuo destas questões (TERRAZAN, 2007, p. 160).

Trazer o documentário de DDC para a sala de aula, assim como outras mídias, é essencial, principalmente numa sociedade na qual tais tecnologias da informação inundam os espaços de educação não formal (museus de ciência, observatórios) e informal (Televisão, Cinema). O professor é o ator principal que pode contribuir no desenvolvimento de discussões em sala de aula com o objetivo de quebrar o discurso de unilateralidade trazida por estes meios. O estudo mais aprofundado da linguagem audiovisual desvela aspectos de sua produção não imaginados pelo espectador, seja aluno ou professor.

O interesse dos alunos em assistir documentários e filmes, principalmente os produzidos nos últimos anos, que se utilizam de vários efeitos visuais no intuito de aproximação do público, é evidenciado quando usamos este recurso em sala de aula. Quando trabalhamos com documentários que tratam de assuntos como, viagem no tempo, universos paralelos, especulação sobre a vida fora da terra etc, somos inundados com perguntas e questões sobre estes assuntos durante e após apresentação do filme. Uma das explicações para esta constatação, segundo alguns pesquisadores, é que os DDC, filmes e outros recursos audiovisuais, contribuem para a compreensão de uma maneira sensitiva, por meio das sensações que reagem diante dos estímulos dos sentidos, não apenas diante das argumentações da razão (ARROIO; GIORDAN, 2006). Esta interpretação parte da hipótese de que os DDC, analisados como processo midiático, no qual há

uma invocação de imagens, falas, sons, documentos escritos, efeitos visuais, gráficos, entre outros tipos de linguagens que remetem às formações científicas, confere ao texto televisivo efeitos de legitimidade e credibilidade no trato deste referente. Considerada um novo tipo de oralidade com características próprias, na linguagem audiovisual, incluem-se também os gestos, a cor, enfim, tudo o que pode ser visto e percebido. A oralidade assim configurada tem uma força de realidade verdadeira. Não no sentido de que o que estejamos falando seja ou não falso ou verdadeiro. Ela “aparece” como uma verdade (ALMEIDA, 1994).

Outra explicação possível está relacionada ao fato de que muitas das experiências educacionais dos alunos sobre aprendizagem de ciências vão além do ambiente escolar, como por exemplo, televisão, museus de ciência, observatórios, internet etc (FALK, 2002; DHINGRA, 2003; BIENVENIDO, 2007). Algumas questões científicas da atualidade, como aceleradores de partículas, bóson de Higgs, teoria da relatividade, energia nuclear, nanociência, nanotecnologia, entre outras, são discutidas em DDC, e muitas vezes trazidas para o contexto da sala de aula pelos alunos, esperando talvez, alguma explicação ou problematização por parte professor.

CAPÍTULO 2 – ALGUNS ASPECTOS SOBRE A FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA

Neste capítulo, pretendemos esboçar os principais pressupostos teórico-metodológicos, que dizem respeito à área de formação de professores de física e que nos guiaram ao longo deste trabalho, contribuindo para a construção e identificação de uma postura que consideramos adequada ao realizarmos o nosso trabalho em colaboração com os professores em formação inicial.

No que concerne ao tema formação inicial de professores de Física, consideramos que as propostas existentes atualmente possuem pontos convergentes e divergentes e uma pluralidade de metodologias que, aparentemente, podem confundir sobre o que e como ensinar aos futuros professores de física. No entanto, numa sociedade como a nossa onde a visão de mundo determinista não dá conta de explicar os fenômenos sociais à nossa volta, esta pluralidade de opções parece ser um ponto positivo, uma vez que não existem explicações únicas para o fenômeno educacional.

A área de pesquisa em formação de professores no Ensino de Ciências, incluindo aí o Ensino de Física, tem um histórico de controvérsias e conquistas nas últimas três décadas. Ao longo do século XX tem sido propostos modelos de formação de professores de ciências no Brasil e no mundo. Estes, em grande parte, utilizaram como aporte teórico tendências da Psicologia e das Ciências Sociais. Inicialmente, os modelos procuraram uma metodologia científica alicerçada pela epistemologia positivista da ciência, procurando “evidências” de que o seu objeto de estudo, neste caso o professor em formação, comporta-se de uma ou de outra forma. No entanto, o modelo educacional baseado na fabricação seriada de profissionais “competentes” para lidar com os fenômenos do ensino e da aprendizagem foi vítima de várias críticas

principalmente a partir de 1980. Entre estas críticas estão as que colocam a questão da complexidade do trabalho do professor em sala de aula, onde aspectos sociais, econômicos e psicológicos trabalham juntos na constituição dos processos de ensino e, conseqüentemente, aprendizagem em sala de aula. A situação de trabalho dos professores, em particular no caso do Brasil, se dá num ambiente de incerteza, instabilidade e conflito de valores (SCHÖN, 2000).

Ainda neste paradigma de formação de professores estruturou-se um conjunto de “receitas” e prescrições sobre o que é “certo” e o que é “errado” nas ações do professor em sala de aula. Este tipo de raciocínio considerava o professor como um técnico em sua ação de ensinar aos alunos determinados conteúdos prescritos de acordo com determinada estratégia. Ao seguir certo conjunto de recomendações, a aprendizagem dos alunos seria realizada de forma natural e sem maiores problemas. A eficiência deste processo é medida por meio de “provas” e “exames” nacionais e internacionais, cujo baixo sucesso dos alunos mostraria o quão incapacitados estariam os professores em seguir estas recomendações. Este tipo de visão reducionista para a formação dos professores desconsidera vários elementos da constituição do processo educacional. Em nosso contexto cito apenas o fato de que o professor não participa do processo de constituição, fundamentação e adequação dos objetivos propostos para os cursos, dos conteúdos curriculares e da seleção sobre o que se considera mais adequado a cada tipo de realidade social. Como aponta Almeida (2006):

A complexidade da ação docente, a possibilidade de seleção de conteúdos diversificados e a variedade de estratégias e recursos são de tal porte no ensino escolar que, mesmo constituída como área de conhecimento, a educação em ciências não tem, não terá, e nem seria conveniente que tivesse respostas unívocas para resolver questões do ensino nas disciplinas que a constituem. Ou seja, as recomendações não indicam um caminho único para que o professor o siga, mesmo que sejam consideradas as já divulgadas, e as que ainda serão

formuladas se ouvidos todos os que julgarem conveniente recomendar algo aos professores (ALMEIDA, 2006, p. 47).

Após diversas críticas ao enfoque descrito acima, que ficou conhecido como “modelo da racionalidade técnica” as pesquisas em formação de professores tomaram outros rumos. Passou-se a investigar mais a fundo o papel desempenhado pela prática do professor em seu ambiente de trabalho. Neste contexto, o estudo sobre a prática docente e a construção de conhecimentos sobre esta prática é enfatizada por diversos autores na área de formação de professores. Trabalhos como os de Schön (2000), Contreras (1997) e Alarcão (1996), mostraram a necessidade da aquisição pelo professor de uma postura de investigador da própria prática, atuando assim, como um profissional “reflexivo” (BASTOS; NARDI, 2008).

No entanto, para o contexto brasileiro e de muitos outros países em situações semelhantes, o professor dificilmente conseguirá realizar uma reflexão sobre sua prática sendo obrigado a ministrar dezenas de aulas por semana em diferentes escolas com o intuito de ganhar um salário que garanta sua sobrevivência. Não é novidade que ao longo das últimas décadas a desvalorização social da profissão de professor no Brasil, nos diversos meios de circulação de informação, contribuiu para o total desinteresse em seguir esta profissão. Muitos que a seguem geralmente o fazem por ser uma segunda ou terceira opção de uma primeira que ainda está por vir. Um fenômeno que ocorre devido a este estado de coisas é a *mecanização* do ensino, ou seja, um ensino no qual não questionamos mais o porquê de estarmos aprendendo e o que estamos aprendendo. Desta forma isso contribui para a naturalização da falta de autonomia do professor, este sendo formado apenas para seguir um conjunto de estratégias e conteúdos a serem “transmitidos” para os alunos.

Além da problemática citada acima, e como forma de análise sobre os objetivos da educação, neste modelo de professor reflexivo, não é levada em conta a discussão sobre o caráter

crítico da educação como forma de alcançar uma cidadania crítica, ativa e emancipatória (FREIRE, 2004). Além disso, talvez por não possuir um arcabouço teórico advindo de sua formação profissional, a reflexão do professor, quase sempre quando acontece, limita-se a questões imediatas das situações de ensino, de forma a ignorar os fatores econômicos, sociais, políticos e culturais que influenciam o processo de ensino e aprendizagem (CONTRERAS, 1997). De certa forma, a reflexão sobre a prática, usualmente não faz parte do arcabouço de saberes teóricos aprendidos no contexto da universidade. Como apontado por Tardif (2003), dentre as muitas variáveis existentes quando analisamos os saberes dos docentes e sua origem, os saberes relacionados à formação profissional, é apenas uma destas. Pois, ainda existem, por exemplo, os saberes pessoais, os provenientes da formação escolar anterior, além daqueles relacionados à sua prática de professor. No contexto imediato da sala de aula e no ambiente da escola, os professores valorizam muito mais os saberes relacionados à sua prática cotidiana. De fato, os professores citam como fatores de importância crucial no exercício da docência o conhecimento da matéria e o conhecimento relativo ao planejamento das aulas, sua organização e gestão (TARDIF, 2003).

Outra vertente é aquela que vê o professor, e sua formação, como um processo que o torne capaz de pensar e agir como um intelectual crítico e transformador. Neste sentido, o processo teórico de formação do professor, desvelaria o caráter de reprodução social mais ampla aplicada na escola, por meio dos materiais didáticos, estrutura escolar e currículo, alertando para o fato da educação atuar como um repositório de conteúdos a serem transmitidos aos alunos de tal forma a servirem como um instrumento de manutenção do status capitalista da sociedade. Em vez disso, “As escolas são vistas como lugares públicos onde os estudantes aprendem o conhecimento e as habilidades necessárias para viver em uma democracia autêntica” (GIROUX, 1997, p. 28). Neste contexto a formação e atuação dos professores como intelectuais críticos

transcende a simples preocupação com a promoção das realizações pessoais dos estudantes. Visa capacitar os alunos a pensarem criticamente a sociedade à sua volta e mudá-la quando necessário.

De acordo com Giroux (1997), os professores, ao trabalharem como intelectuais críticos:

Devem criar a ideologia e condições estruturais necessárias para escreverem, pesquisarem e trabalharem uns com os outros na produção de currículo e repartição do poder. Em última análise, os professores precisam desenvolver um discurso e conjunto de suposições que lhes permita atuarem mais especificamente como intelectuais transformadores. Enquanto intelectuais, combinarão reflexão e ação no interesse de fortalecerem os estudantes com as habilidades e conhecimento necessários para abordarem as injustiças e de serem atuantes críticos comprometidos com o desenvolvimento de um mundo livre da opressão e exploração (GIROUX, 1997, p. 29).

Uma das críticas de Giroux aos modelos de formação de professor que ele vê no “mercado” é que a maioria deles, ainda seguindo o modelo de racionalidade técnica, produzem materiais didáticos à “prova de professor”. Estes materiais, feitos por supostos especialistas, promovem a incapacitação dos professores ao separar concepção de execução, reduzindo o papel desempenhado pelos professores na criação e ensino destes materiais. Na perspectiva de Giroux, o professor deve possuir as ferramentas sociais, econômicas e políticas para alcançar sua autonomia educativa e emancipatória, ou seja, ter a percepção pessoal do ser e do conviver em sociedade, mas também do compromisso social com a educação, compreendendo os diferentes modos de se conceber a si mesmo bem como a sua relação com a sociedade, procurando, sempre que possível, a transformação social (SCHAFFER; OSTERMANN, 2013).

No caso do nosso trabalho, cujo foco principal é o estudo dos sentidos produzidos por licenciandos ao utilizarem Documentários de Divulgação Científica (DDC) na discussão de assuntos relacionados à Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM), procuramos trabalhar com uma pluralidade de concepções, ideias e assuntos, dando voz aos

licenciandos com o intuito de possibilitar a construção coletiva de estratégias e formas de se utilizar estes recursos em sala de aula.

Existem muitas iniciativas no intuito de usar recursos audiovisuais em sala de aula. No entanto a maioria enfatizam questões metodológicas relacionadas ao modo de como ensinar conteúdos e conceitos das áreas específicas, como física, química, biologia e matemática com o auxílio destes recursos. Além dos conteúdos baseados em linguagem matemática, que também tem importância fundamental para a leitura crítica do que é consumido em bens e serviços na sociedade atual, diversos aspectos da linguagem audiovisual, por exemplo, as representações de ciência contida nestes meios, podem ser discutidas em atividades realizadas em sala de aula.

Sendo assim, ao desenvolvermos as atividades com os licenciandos, procuramos, além de fomentar a discussão de conhecimentos e conceitos da FMC em sala de aula, nos aproximarmos de uma visão de formação de professores mais voltada para discussões de cunho reflexivo e colaborativo entre formador de professor e licenciando. Como apontado por Almeida e Silva (1994, p. 97) se o professor for apenas:

[...] instrumentalizado para realizar ações mecânicas, ele vai se alienando das polêmicas culturais e das controvérsias científicas e, tornando-se passivo diante das dificuldades, raramente ele irá se deter na análise de seu desempenho.

O desenvolvimento deste trabalho está associado, além das questões de pesquisa pertinentes a ele, a outras reflexões que nos acompanharam ao longo de sua construção. Dentre estas estão àquelas relacionadas à adequação de um referencial teórico na área de formação inicial de professores de ciências que nos proporcionasse um caminho seguro ao preparar, desenvolver e aplicar as atividades que realizamos com os licenciandos em física. Sem pretender nos filiar a um modelo de formação de professores específico, elegemos algumas disposições teóricas e metodológicas que contribuiriam para a reflexão e análise das informações coletadas.

Entre estas disposições está a análise das mediações produzidas em sala de aula na disciplina de Práticas do Ensino de Física II ministrada pelo autor deste trabalho para licenciandos do 6º semestre do curso de Licenciatura em Física de uma Universidade Federal do Estado de São Paulo. Na elaboração das atividades que desenvolvemos com os licenciandos, descritas no Capítulo 3, procuramos produzir momentos de discussão que valorizassem a voz do licenciando, com o intuito de analisar a influência das condições de produção imediatas, produzidas nas atividades em sala de aula, e possíveis condições sócio-históricas, manifestadas em aspectos de sua memória discursiva. Ao usarmos o documentário como estratégia de ensino, procuramos ainda, desenvolver mediações que contribuíssem para deslocar alguns aspectos já identificados em algumas pesquisas sobre formação inicial. Um desses aspectos está relacionado às dificuldades do professor em trabalhar com atividades que fogem ao paradigma da aula tradicional de física baseada, principalmente na linguagem matemática. Assim, procuramos valorizar estratégias baseadas em linhas de pesquisa da área de ensino de ciências, como, abordagem Ciência, Tecnologia Sociedade (CTS), uso da História e Filosofia da Ciência (HFC), e relações entre a Ciência e a Arte.

A leitura de alguns trabalhos produzidos na área de formação de professores de ciências contribuiu para que evitássemos as chamadas prescrições e recomendações vazias na ação docente. As prescrições referem-se a qualquer programa de diretrizes que têm como foco dizer ao professor o quê, quando e como trabalhar com seus alunos (ALMEIDA, 2006). As recomendações vazias são aquelas em que o professor recebe informações sobre resultados de intervenções realizadas em sala de aula por “especialistas” sem, no entanto, essas recomendações serem acompanhadas do apoio teórico/metodológico que justificou os procedimentos recomendados. Como apontado por Almeida (2006):

[...] o professor recebe informações sobre a conveniência de ensinar determinados conteúdos, ou sugestões de atividades e/ou recursos considerados propícios para as suas aulas, mas estas recomendações não vêm acompanhadas das características do conteúdo que justifiquem a sua possível adoção, nem das teorias filosófica, psicológica, social e/ou pedagógica que subentendem as recomendações (ALMEIDA, 2006, p. 48).

A reflexão sobre o contexto no qual determinado tipo de atividade mostrou-se satisfatória para um conjunto de alunos é fundamental para ele compreender se não der certo em outro. Um determinado tipo de documentário sendo trabalhado de uma forma numa sala de aula pode contribuir satisfatoriamente para cumprir os objetivos propostos pelo professor, enquanto que o mesmo trabalho em outra sala pode ser um fracasso. O que acontece nestes casos? Qual a possível explicação de resultados tão distintos para eventos aparentemente similares? No segundo caso a metodologia não foi usada corretamente? Se assim o for novamente recaímos na responsabilização do professor pelo fracasso escolar de seus alunos e na tentativa de estabelecer uma metodologia única para o ensino. Deste modo, corre-se o risco de novamente os órgãos governamentais e os supostos especialistas sugerirem protocolos de ensino, ferindo o pouco que ainda resta da autonomia do professor. De acordo com Almeida e Silva (1994, p. 98):

Para se pensar no professor autônomo diante da construção/criação do próprio trabalho, é preciso superar tendências que o colocam apenas como transmissor de conteúdos e aplicador de técnicas de ensino. A utopia e o conhecimento de possibilidades e limites devem estar presentes no seu dia-a-dia, para que, além de artífice, ele planeje e avalie suas aulas, sabendo que os desempenhos seus e dos estudantes não ocorrem isoladamente, mas se inserem numa dinâmica social de grande abrangência. Com autonomia, irá selecionar e preparar conteúdos, aceitando e pedindo colaboração, servindo-se de recursos anteriormente produzidos, podendo ou não ter colaborado nessa produção, mas será sua decisão de como e quando utilizá-los.

Este trecho ilustra um dos papéis que podem ser assumidos pelo professor no que se relaciona à constante ação reflexiva sobre sua prática. Evidencia uma concepção sobre professor, e lhe atribui o reconhecimento e relevância social.

No entanto, salientamos que a essa citação não reflete, infelizmente, a realidade de grande parte dos programas de formação inicial ou continuada de professores, resguarda ainda a data de sua produção. Ainda hoje os programas de formação de professores seja, inicial ou continuada, carecem de objetivos específicos que não sejam aqueles baseados no paradigma da racionalidade técnica, onde o professor é apenas um mero aplicador de determinado conteúdo usando mais um recurso milagroso com mais uma proposta teórica que parece resolver tudo e em todos os casos.

Um dos problemas apontados por Almeida e Nardi (2013) é em relação à abrangência na qual as pesquisas em ensino de física têm contribuído para mudar o panorama da educação básica em ciências no Brasil. Neste trabalho os autores entrevistaram 24 pesquisadores da área de ensino de Ciências, indicados pelos seus pares, colocando a seguinte questão principal: *A formação e o crescimento da área de ensino de Ciências têm interferido na maneira como se formam professores no Brasil? Por quê* (para respostas negativas) *Ou de que maneira* (para respostas positivas). Dos 24 entrevistados, foram selecionados 13 pesquisadores da área específica de ensino de Física para serem analisadas as respostas. E estas foram as mais variadas possíveis. Dentre os treze, três condicionaram a influência da pesquisa na formação docente à existência de grupos de pesquisa nas instituições formadoras (ALMEIDA; NARDI, 2013). Aqueles pesquisadores que negaram de pronto a influência da pesquisa na formação de professores atribuíram-na à inexistência de demanda por professores mais qualificados e à desvalorização do professor da educação básica. Dois pesquisadores apontaram a existência de influência da pesquisa na formação docente, um justificando-a por meio dos programas de

educação continuada e o outro através da criação de disciplinas na universidade (ALMEIDA; NARDI, 2013).

Pesquisas na área de ensino de ciências que investigam de que forma os professores lidam com mudanças e inovações nas metodologias tradicionais das aulas de física na modalidade de ensino básica, evidenciaram que o principal fator a essa resistência está relacionado ao tipo de formação que esses professores tiveram em sua vida estudantil, incluindo as aulas de física do EM e, posteriormente, aos tipos de aula de física que tiveram em suas licenciaturas (SILVA; CARVALHO, 2009).

No entanto, este fator não é único para explicar o fenômeno da resistência, pois atualmente alguns resultados da pesquisa em ensino de física são trabalhados na licenciatura em física de algumas universidades brasileiras. Algumas disciplinas destes currículos como, por exemplo, Pesquisa e Prática do Ensino de Física, disciplina do currículo da licenciatura da Universidade Federal de São Carlos referente ao ano de 2012, têm como um dos objetivos do curso a leitura dos principais trabalhos da área de ensino de ciências. Com isto, espera-se a integração destas leituras à formação acadêmica do futuro professor por meio das atividades realizadas ao longo da disciplina, como: elaboração de unidades de ensino, apresentação de minicursos uso de recursos tecnológicos, discussões em sala de aula etc. Pretende-se, com a realização de tais atividades, uma familiarização por parte do futuro professor de física dos resultados de pesquisa na área de ensino de física fundamentados epistemologicamente por um referencial teórico e uma metodologia sistemática na obtenção de determinados resultados de ensino e aprendizagem. No entanto, como apontado por Pena e Ribeiro Filho (2008, p. 431) “[...] não se pode esperar que a pesquisa em Ensino de Física, aponte soluções milagrosas, ou panaceias, para o ensino em sala de aula, pois boa parte da pesquisa em ensino de física é básica e não visa à aplicabilidade imediata em sala de aula”.

CAPÍTULO 3 - APOIO TEÓRICO E CONDIÇÕES DE PRODUÇÃO

3.1. Apoio Teórico

Neste trabalho apoiamos-nos no referencial teórico-metodológico da Análise de Discurso (AD) na vertente iniciada na França nos anos 60 do século XX por Michel Pêcheux. Esta abordagem é baseada em grande parte nos trabalhos de Eni Orlandi, cuja produção em AD no Brasil têm contribuído significativamente para a constituição da pesquisa nesta área.

Em AD reconhecemos a impossibilidade de ter acesso a um sentido escondido no texto. A questão do sentido está imbricada à questão da materialidade do texto, de seu funcionamento, de sua historicidade, dos mecanismos do processo de significação (ORLANDI, 2008). Diferente de abordagens que buscam o que um texto quer dizer, como a Análise de Conteúdo (AC), por exemplo, a AD considera a não transparência da linguagem, postulando que o sentido único do texto é uma ilusão. O texto sempre será atravessado por outros sentidos oriundos da história, do social e, conseqüentemente, do inconsciente e da ideologia.

De acordo com Orlandi (2010) a palavra discurso, tem em si a ideia de curso, de percurso, de correr por, de movimento. A ideia de produção de sentidos entre os homens, que se dá por meio do discurso, é estabelecida no entremeio das relações sociais e históricas, revelando assim, o poder da ideologia e do inconsciente, e conseqüentemente do erro e do equívoco. As palavras do nosso cotidiano já chegam até nós, carregadas de sentidos que não sabemos como se constituíram e que, no entanto, significam em nós e para nós (ORLANDI, 2010, p. 20). A noção de discurso, em AD promove o movimento entre o estabelecido e sacralizado e o sujeito a equívoco. Essa mediação, que é o discurso, torna possível tanto a permanência e a continuidade quanto o deslocamento e a transformação do homem e da realidade em que ele vive. O discurso

serve tanto para comunicar como para não comunicar. Daí decorre a definição de discurso: o discurso é efeito de sentidos entre locutores (ORLANDI, 2010).

Ao postular a língua funcionando ideologicamente, todo enunciado está sujeito ao equívoco, e é este equívoco, que permitirá o movimento de interpretação (ORLANDI, 1998). Ou seja, a AD não procura um sentido verdadeiro por meio de um código de interpretação. De acordo com Orlandi (2008) há três pressupostos para os sentidos dados à interpretação: a. não há sentido sem interpretação; b. a interpretação está presente em dois níveis: o de quem fala e o de quem analisa, e c. a finalidade do analista de discurso não é interpretar, mas compreender como um texto funciona, ou seja, como um texto produz sentidos (ORLANDI, 2008). O sentido, neste espaço de filiações, sendo pensado como “relação a” (CANGUILHEN apud ORLANDI, 2008).

Outro aspecto de reflexão em AD é o da incompletude existente em todo processo de significação. A relação estabelecida entre pensamento/linguagem/mundo permanece aberta, sendo a interpretação função dessa incompletude, incompletude considerada aqui como qualidade do processo de interpretação, sendo a falta um espaço aberto aos processos de significação. No entanto, esta abertura não se dá aleatoriamente, mas sim, afetada pelos processos históricos e sociais que limitam os dizeres, e os fazem transitar entre a paráfrase e a polissemia. Os processos *parafrásticos* são aqueles nos quais em todo dizer há sempre algo que se mantém, isto é, o dizível, a memória. Produzem-se diferentes formulações do mesmo dizer. Ao passo que na *polissemia* temos um processo de deslocamento, ruptura dos processos de significação.

Ainda com relação à polissemia, podemos associar as tipologias de discursos, estabelecidas por Orlandi (2010, p. 86):

- a. Discurso autoritário: aquele em que a polissemia é contida, o referente está apagado pela relação da linguagem que se estabelece e o locutor se coloca como agente exclusivo, apagando também sua relação com o interlocutor.

- b. Discurso polêmico: aquele em que a polissemia é controlada, o referente é disputado pelos interlocutores, e estes se mantêm em presença, numa relação tensa de disputa pelos sentidos.
- c. Discurso lúdico: aquele em que a polissemia está aberta, o referente está presente como tal, sendo que os interlocutores se expõem aos efeitos dessa presença inteiramente não regulando sua relação com os sentidos.

Todo dizer percorre um movimento entre a paráfrase e a polissemia, num jogo de tensões entre o já dito e o que há a dizer, num processo que depende de fatores conscientes e inconscientes, ou seja, ideológicos. É desse modo que distinguimos em AD a *criatividade* da *produtividade*. A produtividade, caracterizada pelo processo parafrástico, mantém o homem num retorno constante ao mesmo espaço dizível. Já a criatividade implica num processo de ruptura, ocasionando um deslocamento das regras, produzindo um movimento no sentido da alteração, a criação de outros sentidos por meio da polissemia (ORLANDI, 2010).

Neste trabalho consideramos ainda, um mecanismo chamado na AD de *antecipação*. Ao fazer uso deste mecanismo, o sujeito se coloca no lugar do outro, antecipando o que o outro “interpreta” de suas palavras. Ele antecipa o seu interlocutor quanto aos sentidos que suas palavras podem produzir. Este mecanismo regula a argumentação, pois restringe os dizeres, ou seja, silencia alguns dizeres formulando outros, dependendo da posição do interlocutor, variando num espectro entre um interlocutor cúmplice de seus dizeres ao adversário absoluto (ORLANDI, 2010). Podemos exemplificar o uso do mecanismo de antecipação quando em uma situação de sala de aula os alunos selecionam os seus dizeres antecipando a reação do interlocutor, que neste caso, é representado pelo professor. Sendo o discurso considerado como efeito de sentidos entre interlocutores, e que estes ocupam determinados lugares na sociedade, isto faz com que, de acordo com a AD, cada um produza suas significações de acordo com suas posições. Estes

lugares, entretanto, não correspondem necessariamente ao lugar físico, mas sim às posições em que se vê o outro e a si mesmo e que regulam, inclusive, a possibilidade de resposta.

Vamos considerar ainda duas noções construídas em Almeida e Silva (1994) que são a *expectativa de desempenho de papéis* e a *expectativa de desempenho de conhecimentos*. A primeira se refere a que o professor e o aluno espera que sejam suas respectivas e mútuas funções, a roupagem com que cada um se veste e é vestido aos olhos do outro no espaço escolar. E a segunda, habilidades, atitudes e concepções. O que cada um faz ou deveria fazer na sala de aula e fora dela com relação à escola, aos olhos de si mesmo e aos olhos do outro (ALMEIDA, 2012).

Outra noção importante da AD utilizada nesta pesquisa é a de *repetição*. Orlandi (2010) distingue três modos interpretativos ou tipos de repetição: a. *Repetição empírica*: exercício mnemônico que não historiciza o dizer; b. *Repetição formal*: técnica de produzir frases, exercício gramatical que também não historiciza, só organiza; c. *Repetição histórica*: formulação que produz um dizer no meio dos outros, inscrevendo o que se diz na memória constitutiva. Em última instância há a produção histórica, onde o dizer é historicizado por meio de exemplos e relações entre o dito e o não dito. Aparentemente, em grande parte de nossas escolas, nas atividades realizadas em sala de aula, principalmente aquelas relacionadas à leitura, predomina a repetição formal, o que se caracteriza pelo dizer em outras palavras, porém, ainda pouco se historiciza o dizer. Produções voltadas à repetição empírica também acontecem com certa frequência, ou efeito papagaio, repete-se o que se ouve, o que se lê, o que se vê.

Os tipos de repetição em AD relacionam-se a noção de *interdiscurso*. Este é definido como aquilo que fala antes, em outro lugar independentemente. Está relacionado às condições de produção sociais e históricas. Por exemplo, o sentido que a palavra “colonização” produz em nós está num espectro entre a repetição e a diferença. Esses sentidos se constituíram ao longo de uma

história que já não temos acesso. Por outro lado, a cada vez que usamos a palavra “colonização”, os seus sentidos derivam e produzem novas significações dependendo do contexto imediato de sua utilização. A noção de interdiscurso nos remete à noção de *memória discursiva*: o saber discursivo que torna possível todo dizer e que retorna sob a forma do pré-construído, o já dito que está na base do dizível (ORLANDI, 2010). Cabe ao analista de discurso, procurar indícios de que as condições de produção imediatas não decidem exclusivamente os dizeres, mas sim, a incidência da memória, do interdiscurso. Aquilo que significa numa determinada situação de ensino, já é determinado pelo trabalho da memória, pelo saber discursivo, ou seja, aquilo que já fez sentido em nós (ORLANDI, 1998). Temos ainda as chamadas *relações de força*. De acordo com essa noção podemos dizer que o lugar a partir do qual o sujeito fala é constitutivo do que ele diz (ORLANDI, 2010). Se o sujeito fala a partir da posição de professor, por exemplo, suas palavras significam de modo diferente do que se falasse da posição de aluno.

Aqui, nos interessa os dizeres e o imaginário sobre a visão de ensino e sua relação com o uso de Documentários de Divulgação Científica (DDC) em sala de aula. Interessa-nos também a compreensão dos processos sócio-históricos de constituição dos dizeres, mas, principalmente, aqueles dizeres relacionados às condições de produção imediatas.

Em relação às produções de sentidos realizadas pelos licenciandos em seus discursos, importa-nos ainda, a noção de *metáfora* em análise de discurso. Esta significa transferência de um sentido atribuído em uma determinada palavra à outra. O sentido é sempre uma palavra, uma expressão ou uma proposição por outra palavra, outra expressão ou proposição.

Numa situação ideal, de acordo com a perspectiva teórica a qual nos apoiamos, não se trata apenas de olhar para o conteúdo de DDC, ou ainda como os licenciandos transmitem esse conteúdo numa situação de ensino e de aprendizagem, mas também, levamos em consideração o que está pré-construído pelos licenciandos sobre a linguagem documental. Ao investigarmos

produções de sentidos dos licenciandos ao fazerem a leitura de um DDC, tentamos relacioná-las com a imagem que estes possuem, do próprio documentário, construídas sócio-historicamente sobre este tipo de linguagem, o que se constitui no imaginário que os licenciandos possuem sobre a relação institucional, histórica e ideológica. O mecanismo imaginário produz imagens dos sujeitos, e do objeto do discurso, no nosso caso representado pela linguagem audiovisual, dentro de uma conjuntura sócio-histórica.

Tendo isso em mente, devemos considerar as condições de produção imediatas, que trabalham a relação entre a situação de sala de aula e os locutores envolvidos, mas também e, sobretudo, a relação destes com a exterioridade, representada aqui pelo jogo da historicidade e do interdiscurso. Este já definido como aquilo que fala antes, em outro lugar, independentemente. O interdiscurso disponibiliza dizeres que moldam as formas de representação do sujeito numa dada situação (ORLANDI, 2010).

No caso da análise realizada neste trabalho, tudo o que já foi dito sobre documentário, ou sobre a relação de documentários com a sala de aula, todo imaginário construído sobre o documentário, atravessa o sujeito constituindo sua memória discursiva e impondo-lhe uma ideologia própria. Assumimos assim, a importância da ideologia como uma estrutura fundamental na produção e deslocamentos de sentidos. A ideologia, em AD “representa uma evidência do sentido e na impressão do sujeito ser a origem dos sentidos que produz, quando na verdade ele retoma sentidos pré-existentes” (ORLANDI, 1998, p. 48).

As palavras refletem sentidos já postos por outros discursos produzidos em outros lugares e em outros tempos. É nesse sentido que devemos considerar o papel da história incutido na língua. A capacidade de historicizar-se da língua é atestada por meio de processos como paráfrase, metáfora e sinonímia, produzindo assim, a possibilidade de gestos de interpretação da língua.

Ao pensarmos em estudar os documentários, ou os discursos produzidos pelos licenciandos sobre o documentário e sua relação com a sala de aula com o propósito de inserção de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea (FMC), consideramos a natureza de sua heterogeneidade quanto à natureza de seus diferentes materiais simbólicos (imagem, som, grafia etc) e quanto à natureza de suas linguagens (oral, escrita, científica, literária, narrativa, descritiva etc) e quanto às posições dos sujeitos envolvidos na produção e circulação destas linguagens. Assim como no texto propriamente classificado como tal, os discursos produzidos pelos documentários não fazem parte de apenas uma formação discursiva, pois eles podem ser atravessados por várias formações discursivas que nele se organizam em função de uma dominante, no caso do DDC, supostamente o discurso da divulgação da ciência. Quando um documentário utiliza-se de dramatizações ou encenações, estamos falando da linguagem ou técnicas do teatro, quando apresenta retóricas de acontecimentos estamos falando de técnicas de convencimento etc.

Após a análise esperamos atingir uma compreensão de alguns dos processos de produção de sentidos e de constituição dos sujeitos em suas posições. Devemos considerar também que, nem a organização da aula de física, nem a mediação pelo professor da circulação dos discursos que ali ocorrem, dependem apenas de condições de produção imediatas. Vivências anteriores, docência em outras aulas e, inclusive, sua história de vida fora da escola, bem como as aulas que participou como estudante no ensino básico, aspectos do imaginário social, frequentemente divulgados pela mídia quando se refere à ciência, o maior ou menor reconhecimento de sua profissão e, sem dúvida, as disciplinas cursadas na universidade são alguns dos fatores importantes na história de vida do professor e, conseqüentemente, na constituição da memória que ele carrega quando inicia uma aula (ALMEIDA, 2012).

3.2. Condições de produção da pesquisa

3.2.1. O contexto da pesquisa

No início de 2012 começamos a trabalhar como professor substituto na Universidade Federal de São Carlos – campus Sorocaba, no curso de Licenciatura em Física. No primeiro semestre fiquei responsável por ministrar as seguintes disciplinas: *Orientação de Estágio I*, *Estágio Supervisionado I*, *Práticas do Ensino de Física I* e *Práticas Integradas em Ciências*. No segundo semestre: *Pesquisa e Prática do Ensino de Física* e *Prática do Ensino de Física II*. A coleta de informações de nossa pesquisa se deu na disciplina de *Prática do Ensino de Física II*, pois foi nessa disciplina que desenvolvemos atividades com ênfase na utilização de Documentários de Divulgação Científica (DDC). No entanto, é importante salientar que os mesmos licenciandos que foram sujeitos da pesquisa cursaram também as disciplinas *Práticas do Ensino de Física I* (1º semestre), *Práticas do Ensino de Física II* (2º semestre) e *Pesquisa e Prática do Ensino de Física* (2º semestre). Com o objetivo de contextualizar algumas condições sócio-históricas desta pesquisa, faço abaixo uma breve descrição das atividades que foram realizadas pelos sujeitos da pesquisa em outras disciplinas que não foram alvo da coleta de informações.

Na disciplina de *Práticas do Ensino de Física I*, os licenciandos leram e apresentaram trabalhos sobre os seguintes temas relacionados à área de pesquisa em ensino de física: Experimentação no Ensino de Física (EEF), História e Filosofia da Ciência no Ensino (HFC), Ciência, Tecnologia, Sociedade e Ambiente (CTSA). Os trabalhos foram selecionados por nós dentro daquilo que consideramos importante para os licenciandos de física conhecerem naquele momento de sua formação. No anexo I encontra-se uma relação dos trabalhos que foram utilizados nesta disciplina.

Já, na disciplina *Pesquisa e Prática do Ensino de Física*, os licenciandos apresentaram seminários baseados na leitura de trabalhos que discutiram os principais temas: Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, Formação de Professores, Teorias de Aprendizagem em Educação, Referenciais Teóricos, Metodologia de Pesquisa em Ensino de Ciências. No anexo II encontra-se os trabalhos utilizados nesta disciplina.

Foi na disciplina de *Práticas do Ensino de Física II* que realizamos a coleta de informações da pesquisa. Na primeira aula do semestre explicamos para os quatro licenciandos que iríamos filmar algumas aulas e que eles fariam parte de uma pesquisa que estava sendo desenvolvida no Doutorado. Falamos ainda que a participação não era obrigatória e que só iria usar aquelas filmagens para realizar a transcrição das informações coletadas e usá-las em nossa pesquisa mediante a autorização deles. Deixamos claro, ainda, que as avaliações e atividades que realizaríamos não estavam vinculadas às participações ou não deles na pesquisa, ou seja, sua nota final não dependia da participação na pesquisa.

No Projeto Político Pedagógico (PPC) do curso, a *ementa* e os *objetivos gerais* continham descrições gerais de como deveria ser a disciplina de Práticas do Ensino de Física II. Neste documento, nenhuma das disciplinas ministradas pelo professor-pesquisador apresentava tópicos relacionados à discussão da temática da inserção de aspectos da FMC no EM. Dado a importância da discussão dessa temática nos cursos de formação inicial, como exposto no Capítulo 1, e a pouca relevância dada a esses assuntos em grande parte dos cursos de licenciatura em Física, tínhamos uma motivação adicional além da pesquisa que seria realizada com os licenciandos.

Descrevemos abaixo mais detalhadamente as atividades desenvolvidas nesta disciplina, pois foi nela que construímos as condições de produção imediatas da pesquisa.

As informações coletadas dividiram-se em três momentos do curso: a apresentação do Plano de Aula, a atividade com o documentário *A caverna dos sonhos esquecidos* (Anexo VII) e a Proposta de Minicurso. A coleta iniciou-se em outubro de 2012, quando do início do segundo semestre nas universidades federais, devido à greve de professores e funcionários naquele ano. O semestre terminou em fevereiro de 2013. Durante este período configuramos uma série de leituras, discussões e atividades durante o semestre letivo. As leituras previstas e sugeridas pelo professor, assim como o programa resumido da disciplina, encontram-se no Anexo III. Embora o diálogo entre professor e aluno fosse permanente, os três momentos de coleta de informações e suas principais atividades encontram-se na Tabela 1, destacando os principais atores envolvidos.

Tabela 1. Os três momentos de coletas de informações na disciplina Práticas do Ensino de Física II.

Principais atores envolvidos	Atividade	Descrição
Licenciandos	Apresentação do Plano de Aula – Aula.	Os licenciandos apresentaram um esboço de plano de aula de uma proposta minicurso que apresentaram no final da disciplina.
Professor	Atividades com o documentário <i>A caverna dos sonhos esquecidos</i> .	Apresentação do documentário, solicitação aos licenciandos que respondessem e produzissem um questionário por escrito sobre o documentário e diálogos sobre o documentário.
Licenciandos	Proposta de minicursos.	Os licenciandos apresentaram uma proposta de minicurso, usando como estratégia de ensino e aprendizagem de conhecimentos de Física Moderna no Ensino Médio Documentários de Divulgação Científica.

Assim como nas outras duas disciplinas, nesta discutimos tópicos relacionados à área de pesquisa em ensino de ciências, bem como alguns trabalhos que discutem o documentário e suas relações com a sala de aula. No Anexo III, constam as referências das aulas três e quatro. Os trabalhos lidos para fundamentar as discussões realizadas nestas aulas foram o 1, 3 e 5 do mesmo anexo. O trabalho cinco foi traduzido livremente pelo professor e entregue aos alunos.

Por essas leituras procuramos fazer com que os estudantes tivessem acesso a alguns elementos da linguagem documental e suas relações com a sala de aula, além da problematização do próprio conceito de documentário. O trabalho de Bruzzo (1998), por exemplo, problematiza a noção que temos de documentário como retrato fiel da realidade e a dualidade entre ficção e realidade. Este dualismo, de acordo com Bruzzo, aparenta ser artificial, pois alguns diretores empregam elementos ficcionais nos documentários, enquanto que há uso de estilo documental em alguns filmes de ficção.

O trabalho de Bienvenido León estabelece algumas definições para os DDC, particularmente aqueles produzidos por canais televisivos europeus. De acordo com ele, os DDC possuem uma característica em comum que é a apresentação de algum assunto produzido pela ciência e o suporte e apoio de cientistas para sua produção. Estas características, de acordo com ele, colocam os documentários da BBC como os mais bem produzidos atualmente, equilibrando o rigor científico com efeitos midiáticos.

A coleta de informações se deu por meio das filmagens das apresentações do Plano de Aula, das atividades realizadas com o documentário *A caverna dos sonhos esquecidos* e a proposta de minicurso realizada nas quatro aulas finais da disciplina. Além disso, os licenciandos produziram questionários escritos sobre a atividade do documentário que também foram analisados.

Na primeira aula apresentamos para os licenciandos como seria a disciplina. Conversamos sobre a pesquisa que o professor desenvolveria ao longo do semestre e pedimos a permissão dos licenciandos para filmar algumas aulas. Ainda nesta aula, dissemos que no final da disciplina eles apresentariam uma proposta de minicurso para mim e para o restante da classe. Pedimos para os licenciandos que, ao desenvolverem esta atividade, eles a pensassem sendo endereçada a estudantes de Ensino Médio (EM).

O Plano de Aula apresentado na aula dois teve como objetivo investigar quais conhecimentos provenientes de condições de produção sócio-históricas os licenciandos já possuíam. Caso eles fossem apresentar a proposta de minicurso naquele momento, como eles fariam? Para isso, pedimos que ao elaborar a apresentação do Plano de Aula, eles pensassem em um tipo de minicurso que se apropriasse de alguma das abordagens de ensino e aprendizagem estudada anteriormente (HFC, CTSA, Controvérsias Científicas, Documentário etc), e que o conteúdo escolhido fosse de algum tópico de FMC. A transcrição completa das apresentações do Plano de Aula encontram-se no Anexo V. Na Tabela 2 apresentamos os temas escolhidos por eles para o Plano de Aula e qual abordagem/recurso eles escolheram para trabalhar na proposta de minicurso. Além disso, estabelecemos como critério que os licenciandos deveriam escolher algum documentário que falasse sobre o tema escolhido por eles, e dissessem de que forma usariam este no minicurso proposto. Como foi um pedido no qual eles tinham apenas uma semana para achar o documentário, somente um licenciando já tinha escolhido o documentário na apresentação do plano de aula.

Tabela 2. Tema dos planos de aulas dos licenciandos.

Licenciando ¹	Tema	Recurso/Estratégia de ensino proposto
Márcio	Energia nuclear e bomba atômica	Uso da abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS). Uso de trechos de reportagens, documentários e simuladores de computador.
Larissa	O Big Bang	Uso do documentário da série britânica Lost Horizons, intitulado <i>The Big Bang</i> (2008).
Fernanda	Laser	Atividade experimental do do livro Física em Contextos (PIETROCOLA et al.,2010). História da ciência. Ciência, Tecnologia e Sociedade. Simulador do PhET – Lasers.
Breno	Efeito Fotoelétrico	Uso de História da Ciência e Atividades Experimentais sobre o Efeito Fotoelétrico.

¹ Os nomes são fictícios.

Entre a apresentação do Plano de Aula e a atividade com o documentário *A caverna dos sonhos esquecidos* (Aulas 4, 5 e 6 do anexo III), estudamos alguns trabalhos sobre FMC no EM e as relações entre documentários e a sala de aula.

3.2.2. A atividade usando o documentário *A caverna dos sonhos esquecidos*.

Nas quatro aulas seguintes (Aulas 7 à 11 do Anexo III) realizamos atividades usando o documentário *Cave of forgotten dreams (A caverna dos sonhos esquecidos)* do diretor alemão Werner Herzog de 2010. O objetivo principal ao escolher o documentário de Herzog foi verificar se os licenciandos conseguiam reconhecer a importância da técnica do Carbono 14, e outros conhecimentos relativos à FMC que contribuíram para o desenvolvimento de outras áreas do conhecimento, neste caso, a arqueologia. Além disso, para o contexto educacional, pensamos nas possibilidades de se discutir FMC sob um viés da cultura e da arte, fundamentado por trabalhos de autores como Zanetic (ZANETIC, 1989; ZANETIC, 2006). Por não ser um documentário que discute diretamente conhecimentos de FMC, sendo o foco principal a descoberta de uma caverna e a idade de dezenas de pinturas rupestres encontradas em seu interior, não esperávamos que os questionamentos dos licenciandos, ficassem restritos a assuntos de FMC. De fato, pensamos no documentário como tendo potencialidade para aguçar a curiosidade dos licenciandos no sentido de fomentar discussões sobre tópicos como multidisciplinaridade, significados das imagens encontradas na caverna, como o documentário trata essas imagens e a respeito da própria narração do documentário (HARTMANN; ZIMMERMANN, 2007; PIETROCOLA et al, 2003; JESUS, 2008; VIDAL; FILHO, 2010).

Como apontado por Leão (2015) o documentário não segue um modelo clássico de divulgação científica, pois as entrevistas não valorizam apenas o conteúdo científico:

As escolhas do diretor deixam claro que o recorte de cada relato vai além da explicação técnica sobre o assunto: busca-se o olhar íntimo sobre a história e a singularidade de cada um, e como esse traço pode contribuir para o conjunto do que está sendo pesquisado (LEÃO, 2015, p. 87).

Nosso objetivo ao escolher o documentário de Herzog foi investigar as produções de sentidos dos licenciandos sobre a importância da técnica do Carbono 14 no desenvolvimento de outras áreas do conhecimento. Além disso, pensamos nas possibilidades de se discutir a Física e suas possíveis relações com a Cultura e a Arte. Como apontado por Leão (2015) o documentário de Herzog não segue um modelo clássico de divulgação científica, pois as entrevistas não valorizam apenas o conteúdo científico:

As escolhas do diretor deixam claro que o recorte de cada relato vai além da explicação técnica sobre o assunto: busca-se o olhar íntimo sobre a história e a singularidade de cada um, e como esse traço pode contribuir para o conjunto do que está sendo pesquisado (LEÃO, 2015, p. 87).

Acreditamos que no documentário de Herzog a narração, as entrevistas, os diálogos, o enquadramento das imagens, a trilha sonora etc, evoca discussões e debates que vão além das explicações dos conceitos científicos subjacentes às pinturas rupestres descobertas. É claro que sem a ciência saberíamos muito pouco sobre as pinturas, no entanto, com a imaginação e a criatividade científica, podemos saber muito além do que o simples tempo de existência destas proporcionado pela técnica do Carbono 14. O documentário de Herzog pode contribuir para trazer para a sala de aula uma crítica ao modelo de explicação clássica da ciência que:

[...] tende a reduzir o conhecível ao manipulável. Hoje, há que insistir fortemente na utilidade de um conhecimento que possa servir à reflexão, meditação, discussão, incorporação por todos, cada um no seu saber, na sua experiência, na sua vida (MORIN, 2010, p. 30).

Sendo assim, uma das questões que norteou nosso estudo foi de que forma a produção dos licenciandos, podem contribuir para ampliar os possíveis usos deste recurso no EM com objetivo de se trabalhar assuntos relacionados à FMC. Julgamos importante analisar algumas visões dos licenciandos sobre a linguagem documental. Entre elas, destaca-se aquela relacionada à leitura dos fatos e conteúdos transmitidos pelo documentário como *verdade* e não apenas como um entre outros tipos de representações da realidade (BRUZZO, 1998; DIJCK, 2006; DHINGRA, 2003).

Na aula anterior ao uso do documentário de Herzog, pedimos para os alunos lerem dois artigos: *A química do tempo: Carbono-14* da revista Química Nova na Escola (FARIAS, 2002) e *A caverna onde a arte nasceu* da revista de divulgação científica Scientific American Brasil (VALLADAS; CLOTTE; GENESTE, 2004). Pedimos para que eles lessem em casa, pois na aula seguinte assistiríamos o documentário de Herzog. O primeiro artigo descreve a técnica de medição da idade de objetos por meio do isótopo 14 do carbono (Carbono – 14). O artigo dá como exemplo a controvérsia envolvendo o Sudário de Turim, que supostamente seria considerado o santo sudário que Jesus havia usado. Após a datação por Carbono-14, foi constatado que o linho usado na confecção do Sudário datava de aproximadamente 1260 a 1390 de nossa era confirmando que o sudário era na verdade uma fraude (FARIAS, 2002, p. 6).

O outro artigo discute a revolução que a técnica do Carbono-14 produziu, principalmente a partir do final da década de 70 do século XX na arqueologia, possibilitando a datação de pinturas pré-históricas. De acordo com os autores do artigo, as pinturas da caverna de Chauvet têm uma importância especial para a arqueologia, pois as datações realizadas no conjunto das pinturas encontradas mostraram uma idade muito mais avançada do que de fato se imaginava (VALLADAS, 2003; CUZANGE et al, 2007). Como salientam os autores, o principal método de datação de pinturas rupestres antes do desenvolvimento do método por Carbono – 14

era o método estilístico. Este consistia basicamente no estudo da evolução estilística das pinturas encontradas nas cavernas e na datação de objetos encontrados próximos às pinturas e supostamente contemporâneo a estas. De acordo com o método estilístico, as pinturas da caverna de Chauvet pertenceriam ao período dito Magdaleniano (entre 17 mil e 11 mil anos atrás) e não ao período Aurignaciano (entre 36 mil a 29 mil anos atrás) após a datação por Carbono - 14.

De acordo com a arqueologia, antes da descoberta da caverna de Chauvet, pensava-se que o tipo de técnica de pinturas usada pelo homem pré-histórico para fazer representações semelhantes às encontradas em Chauvet, só iria surgir no período Magdaleniano. No entanto, como apontam os autores do artigo de divulgação que os licenciandos leram, após a datação das pinturas pela técnica do Carbono – 14 se revelou que elas pertenciam ao período Aurignaciano, uma contradição sob o ponto de vista da antiga Arqueologia. Isto provocou uma série de debates entre a comunidade de arqueólogos na última década do século XX. Cabe salientar que os autores do artigo da *Scientific American* fizeram parte das comissões de cientistas que realizaram as medidas de datação das pinturas por Carbono – 14 e participaram do documentário de Herzog.

Portanto, ao selecionar o documentário da caverna, tivemos como foco a discussão da relação entre o desenvolvimento de um determinado conceito da física moderna, neste caso o decaimento radioativo e o aperfeiçoamento da técnica do carbono – 14, e como este assunto poderia ser discutido por meio da utilização do recurso audiovisual.

Na aula seguinte assistimos o documentário. No início da aula entregamos aos licenciandos um Plano de Aula intitulado: *A radioatividade: contribuições para a história da arte parietal*, com o cronograma das atividades que iriam acontecer nas próximas aulas (Tabela 3). Dissemos que durante a exibição do documentário eles ficassem livres para fazer perguntas, momento no qual paráramos a exibição, e responderíamos às questões. Salientamos ainda que nas quatro aulas seguintes seriam realizadas atividades com/sobre este documentário.

Tabela 3. Plano de Aula entregue aos licenciandos no início do desenvolvimento das atividades do documentário *A caverna dos sonhos esquecidos*.

A radioatividade: contribuições para a história da arte parietal
<p>Objetivos</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ Promover o pensamento reflexivo com foco na interpretação sobre os diálogos promovidos entre a ciência e outras áreas do conhecimento como, por exemplo, a arqueologia, antropologia, literatura e arte; ➤ Reconhecer os usos potenciais da física moderna na interpretação da história da cultura humana; ➤ Discutir as relações entre ciência e arte.
<p>Conteúdos de Ensino Decaimento Radioativo (^{14}C), História da Arte Parietal.</p>
<p>Processo Metodológico</p> <ol style="list-style-type: none"> A. Leitura de Textos de Divulgação Científica (TDC) sobre os assuntos tratados no documentário (em casa). B. Assistir o documentário <i>Cave of forgotten dreams</i>, do diretor alemão Werner Herzog de 2010. C. Responder um questionário sobre o documentário; D. Diálogos sobre os conteúdos tratados no documentário; E. Elaboração de um questionário pelos licenciandos, caso eles usassem o documentário com alunos do EM.
<p>Recursos didáticos TDCs, Projetor Multimídia, Notebook, Lousa.</p>
<p>Formas de avaliação Participação nas discussões, leitura dos textos de divulgação científica e elaboração do questionário.</p>
<p>Duração 4 aulas</p>

Antes da exibição do documentário conversamos com os licenciandos explicando do que se tratava e que o assunto deste tinha relação com os artigos que tínhamos dado para eles lerem na aula anterior. Explicamos que a duração do documentário era de uma hora e trinta minutos, mas que passaríamos somente os 45 minutos iniciais. Nossa justificativa foi que os 45 minutos restantes não tinha muita relação com as pinturas encontradas na caverna. No entanto, gravamos para cada licenciando o documentário completo em DVD para que eles pudessem assistir o restante em casa. O cronograma das atividades realizadas encontra-se no Processo Metodológico da Tabela 3.

O documentário de Herzog começa narrando a descoberta de uma caverna encontrada no sul da França em dezembro de 1994 por três espeleologistas: Jean-Marie Chauvet, Éliette Brunel e Christian Hillaire. Hoje esta caverna é conhecida como caverna de Chauvet em homenagem ao seu primeiro descobridor. Dentro da caverna os pesquisadores encontraram uma

serie de pinturas nas paredes, aproximadamente 400 delas no total. Um dos fatores que tornaram a sua descoberta importante é a idade das pinturas, estimada em aproximadamente 32 mil anos atrás (considerando o ano 2000 como referência), situando-as na era classificada pelos arqueólogos como Paleolítico Superior (40.000 – 30.000 até 10.000 – 8.000 antes do presente). De fato, antes de se realizar a datação por Carbono 14, utilizando outro método, as pinturas tinham sido datadas em aproximadamente 18.000 anos atrás. Como apontado por Cabral (2011):

Com efeito, enquanto a estimativa da idade de suas magníficas pinturas, feitas por Jean Clottes pouco depois de sua descoberta, com base nos primeiros dados estilísticos obtidos, as colocavam no Solutrense (21.000 a 18.000 antes do presente), a datação direta pelo radiocarbono de um de seus mais espetaculares desenhos – o combate dos rinocerontes – dava como resultado valores de 31.000 antes do presente. A diferença era da ordem de grandeza de 10.000 anos! (CABRAL, 2011, p. 312).

O uso da técnica de datação por radiocarbono ocasionou uma mudança significativa na metodologia de trabalho da Arqueologia e, no caso das pinturas de Chauvet, surpreendeu os pesquisadores. Como narrado pelo próprio Herzog no documentário, antes da descoberta da caverna as pinturas rupestres mais antigas já encontradas foram datadas em aproximadamente a metade da idade de 32 mil anos. De acordo com ele, a técnica usada pelos homens que fizeram aquelas pinturas levariam os pesquisadores a suporem uma data para elas bem mais recente do que 32 mil anos. Algumas destas técnicas foram, por exemplo: a preparação da parede mediante a raspagem, o aproveitamento de relevos para realçar as formas, o desenho sobreposto para dar a sensação de movimento e o desenho a carvão (CABRAL, 2011). O aproveitamento do relevo foi um dos motivos que levaram Herzog a realizar o documentário originalmente em 3D. A técnica do desenho sobreposto, ainda não tinha sido encontrada em pinturas rupestres (Figura 1).

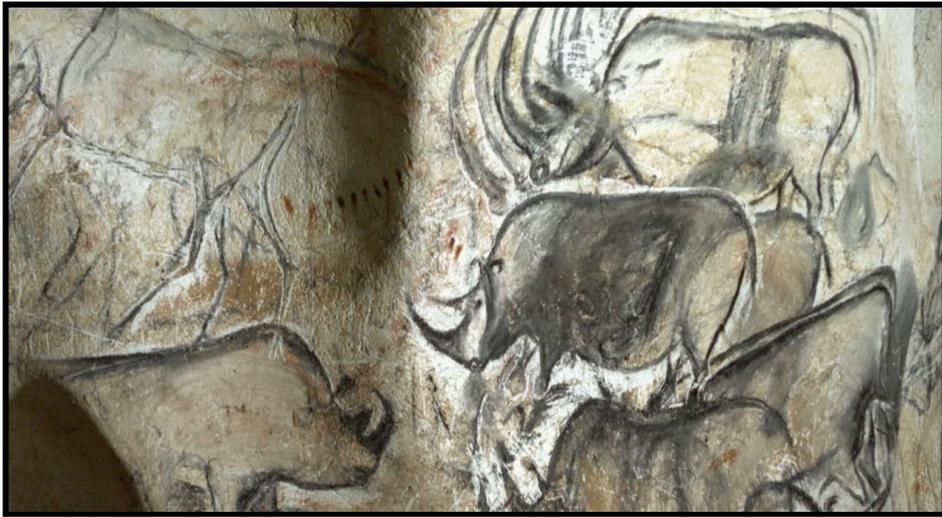


Figura 1. O rinoceronte no canto superior direito da imagem produz uma sensação de movimento devido à técnica de sobreposição feita pelo homem pré-histórico que realizou esta pintura. Pela técnica de datação por carbono-14 e espectrometria de massa por aceleração, ela data de aproximadamente 32 mil anos atrás.

O documentário de Herzog pode ser enquadrado no subgênero categorizado como Documentário de Divulgação Científica (DDC) (BIENVENIDO, 2007): ele discute assuntos que são resultados de pesquisas científicas, fatos ou conhecimentos relacionados diretamente a alguma disciplina científica, neste caso a arqueologia, e mostram explicitamente (em imagens, na narração ou nos créditos) que eles têm colaboração e suporte de cientistas ou instituições, que participam como fontes de informação ou assessorando no conteúdo exposto. Por outro lado, ele possui elementos que o distingue dos DDC. Por exemplo, em determinados momentos há a prevalência do tom *lírico* com predomínio da expressividade e da emoção. A narração é recheada de linguagem poética e filosófica, fazendo muitas vezes especulações sobre o que levou os homens pré-históricos a fazerem tais pinturas ou o que sentiam no momento da realização das mesmas. Em outros, há o predomínio da imagem sobre a narração, com a câmera filmando diversas pinturas durante minutos sem a interposição do narrador. A produção de significados é

deixada neste momento para o espectador, caracterizando o que Nichols (2005) chama de documentário auto-reflexivo.

Num determinado trecho, por exemplo, Herzog especula sobre a sensação que o homem pré-histórico tinha ao ver suas sombras projetadas nas paredes das cavernas quando iluminada pelo fogo das tochas que carregavam. Ele faz uma analogia entre estas sombras com a figura de Fred Astaire dançando Time Bojangles (Figura 2).



Figura 2. Fred Astaire dançando Time Bojangles. Herzog especula sobre a fascinação que a sombra projetada nas paredes da caverna de Chauvet pelas tochas deve ter exercido no homem pré-histórico e como essa fascinação perdurou até os dias de hoje, exemplificado pela dança de Astaire.

Em outra parte, uma das cientistas responsáveis pelo estudo da caverna Dominique Baffier, leva Herzog a conhecer uma pintura no interior da caverna e que, de acordo com ela, trata-se de um mito que perdurou por mais de 30 mil anos. A pintura é de um bisão abraçando a parte inferior de uma figura feminina e, de acordo com a cientista, tem sido representada ao longo do tempo através de estatuetas e rituais perdurando até os dias de hoje como representada em algumas pinturas de Picasso (Figura 3).

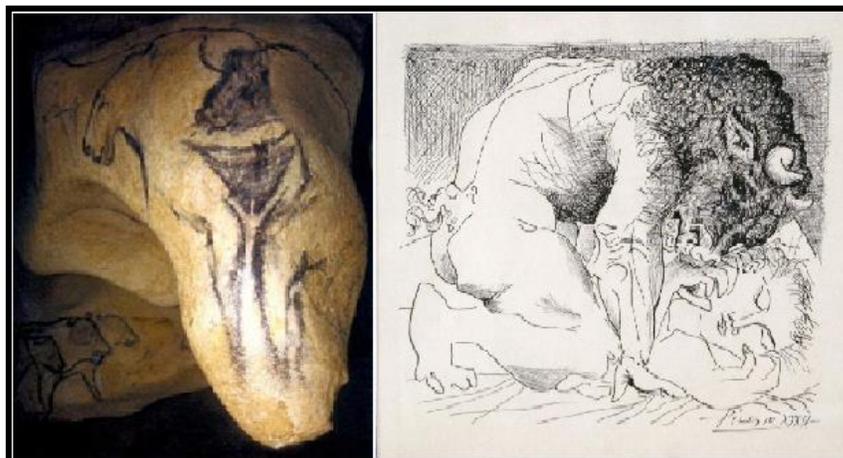


Figura 3. Comparação realizada por Dominique Baffier entre a pintura do Bisão e a mulher, realizada há 30 mil anos atrás na caverna de Chauvet (esquerda) e o Minotauro acariciando a mulher adormecida realizada por Picasso na primeira metade do século XX (direita).

Outro recurso usado por Herzog é a tecnologia 3D. Ele justifica o seu uso devido ao fato das pinturas acompanharem o relevo deformado da superfície da caverna. Sendo assim, de acordo com ele, o 3D é necessário, uma vez que somente esta técnica pode dar a sensação espacial de profundidade ocasionada pelas pinturas. Como as pinturas são feitas ao longo das imperfeições das paredes, a técnica do 3D, ao acompanhar espacialmente estas imperfeições, tem a intenção de dar ao espectador uma sensação de estar dentro da caverna (Figura 4).



Figura 4. Imperfeições na parede no Painel dos Leões. Com a utilização da técnica 3D é possível ter a sensação de profundidade e textura produzida por estas pinturas.

Como apontado por Klinger (2012, p. 38):

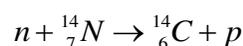
Ao visitar a caverna pela primeira vez, Herzog notou que para capturar a dimensionalidade das pinturas realizadas ao longo das saliências e reentrâncias situadas nas paredes, e ter a sensação de vê-las em seu habitat natural, era necessário o uso de câmeras 3D de alta resolução. *(tradução nossa)*

3.2.3. A técnica do Carbono 14

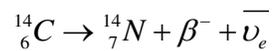
A primeira vez que assisti o documentário de Herzog minha atenção se voltou principalmente para o fato de que uma técnica desenvolvida pela física pudesse ser usada para a datação de pinturas rupestres. Este foi um dos principais motivos que fizeram com que eu me interessasse a pesquisar mais a fundo a técnica do carbono 14 e sua contribuição na datação destas pinturas. Verificamos que seu desenvolvimento provocou uma revolução em áreas como a Arqueologia e a compreensão que tínhamos sobre a história da humanidade e o surgimento da arte (RAMSEY, 2008; CABRAL, 2011).

A datação por radiocarbono é talvez o método que teve a maior e mais profunda influencia no estudo da Arqueologia e, portanto, é interessante investigar a interação entre este método científico e sua aplicação na Arqueologia, método este, cujas mudanças se tornaram irreconhecíveis nos últimos 50 anos (RAMSEY, 2008, p. 249). *(tradução nossa)*.

O elemento químico Carbono ocorre na natureza sob a forma de três isótopos - ^{12}C (98,89%), ^{13}C (1,11%) e o ^{14}C ($^{14}\text{C}/^{12}\text{C} \approx 10^{-12}$ nos seres vivos), dos quais apenas o Carbono 14 é radioativo. Ele foi descoberto em 1947 por Willard Frank Libby (1908 - 1980) e colaboradores e a técnica de datação desenvolveu-se a partir de então. O Carbono 14 é produzido por meio da interação de nêutrons com o átomo de Nitrogênio, emitindo um próton, de acordo com a seguinte reação:



Logo após a sua produção, ele decai pela emissão de uma partícula β^- e um antineutrino do elétron:



Estima-se que o Carbono 14 tenha um tempo de meia vida de 5730 anos, ou seja, uma determinada amostra dele leva esse tempo para reduzir-se à metade. Em 1949, Libby e colaboradores mediram a taxa de decaimento do Carbono 14 em amostras de madeira e conchas marinhas recentemente capturadas em diferentes lugares da terra e verificaram que os resultados obtidos eram praticamente iguais para todas elas. Isso evidenciava que o teor de Carbono 14 nos seres vivos mantinha-se constante independente do lugar onde viviam (CABRAL, 2011, p. 241). Nas plantas, por exemplo, acontece a incorporação do Carbono 14 presente na atmosfera na forma de CO_2 por meio da fotossíntese. A planta converte o CO_2 em compostos orgânicos incorporando-o a seus tecidos vivos. Uma vez que com a morte da planta finalizam-se as trocas de carbono efetuadas entre ela e o ambiente, a quantidade de Carbono 14 nos seus restos mortais passa a diminuir de acordo com a meia vida deste elemento radioativo. É como se após a morte da planta disparássemos um cronometro, e a partir de agora, a quantidade deste elemento caísse da seguinte forma: após 5730 anos de sua morte pela metade, após 11460 anos pela quarta parte, e assim sucessivamente.

No entanto, devem-se admitir dois postulados, elaborados pelo próprio Libby, para que a datação seja precisa: primeiro, supor que o teor de Carbono 14 na atmosfera manteve-se constante ao longo do tempo, e segundo, que este teor seja igual em qualquer lugar da terra (CABRAL, 2011, p. 241). Além disso, devemos levar em conta que a técnica se limita ao intervalo de tempo entre 40.000 e 100 anos atrás, devido ao tempo de meia vida ser da ordem de

5730 anos. Intervalo este compreendido na datação das pinturas encontradas na caverna de Chauvet.

Seja λ_{14} a constante de decaimento do carbono 14, calculada como $\lambda_{14} = \ln 2/5730$ anos⁻¹, A_0 o teor de Carbono 14 de um dado ser vivo no instante de sua morte, que, de acordo com o primeiro postulado de Libby é igual ao teor na atmosfera atualmente e A_t o teor de Carbono 14 específico de determinado resto deste ser ao fim do tempo t . De acordo com a lei do decaimento radioativo, podemos expressar estas grandezas por:

$$A_t = A_0 e^{-\lambda_{14} t},$$

ou seja:

$$t = \frac{1}{\lambda_{14}} \ln \frac{A_0}{A_t} = \frac{5730}{\ln 2} \ln \frac{A_0}{A_t}.$$

Assim, podemos determinar a idade de determinado material carbonado medindo o teor de Carbono 14 numa amostra desse material A_t e aplicar a equação acima. Na prática a técnica não é tão simples e envolve uma serie de suposições e dificuldades tecnológicas, que no caso das pinturas da caverna de Chauvet, deram origem a controvérsias envolvendo a verdadeira idade das pinturas com a participação de diversos laboratórios científicos da Europa e Estados Unidos (CUZANGE et al., 2007; SADIÉ et al., 2012).

Sendo assim, ao selecionar este documentário para trabalhar com os licenciandos, tínhamos como objetivo não só trabalhar a técnica do Carbono 14, que podemos considerar como uma temática proveniente dos desenvolvimentos teóricos da Física Moderna e Contemporânea (FMC), mas também, fomentar discussões de qualquer tipo, seja de cunho antropológico, filosófico, artístico etc. Além disso, como havíamos estudado trabalhos que problematizavam os documentários e suas relações com a sala de aula, analisamos também a produção de sentidos dos

licenciandos sobre o documentário de Herzog e suas possibilidades e limitações ao ser usado em sala de aula.

Após assistirmos o documentário entregamos para os licenciandos um questionário (Anexo IV) para ser respondido em casa e entregue na aula seguinte. Nesta aula, realizamos uma discussão geral sobre o documentário de Herzog. No final pedimos para eles elaborarem seus próprios questionários sobre o documentário com o objetivo de trabalhá-lo com alunos do EM (Anexo IV). Pedimos para suporem que caso usassem este mesmo documentário para trabalhar com alunos do EM como o fariam? Que tipos de questões colocariam ou discutiriam com os alunos?

3.2.4. Os documentários escolhidos pelos licenciandos para a proposta de minicurso

A última aula do ano de 2012 foi dedicada à discussão do documentário de Herzog e às possíveis dúvidas sobre como seria a proposta de minicurso realizada pelos licenciandos quando retornássemos de férias em janeiro de 2013. Desde o início do semestre estava acordado que estes deveriam realizar, individualmente, no final do semestre uma proposta de minicurso sobre um tópico de FMC escolhido por eles. Os critérios para preparação, desenvolvimento e apresentação da proposta sugerida pelo professor foram: que tivessem a duração de duas aulas (1 hora e 40 minutos de duração), fossem sobre algum tópico de FMC, usassem um DDC e que fosse pensado com o intuito de ser realizado para estudantes do EM.

Os licenciandos apresentaram para o professor e os outros colegas da disciplina, como seria a estrutura desta proposta de minicurso caso eles o realizassem para alunos do EM. Inicialmente o tema tinha sido pré-escolhido pelo licenciando quando da apresentação do plano de aula no início do semestre. Porém, ao longo do semestre alguns licenciandos tiveram dificuldades para pensar na realização do minicurso com o tema escolhido. Uma dessas

dificuldades era encontrarem algum documentário que falasse sobre o tema proposto. Então, quando os licenciandos propuseram pensar sobre um novo tema prontamente aceitamos.

Para facilitar a escolha de um novo tema, o professor mostrou para os alunos todos os documentários de que dispunha (Anexo VII) e que tratassem, direta ou indiretamente, de algum assunto de FMC para eles escolherem. Além disso, para que o tema escolhido não fugisse muito das propostas já conhecidas de inserção de tópicos de FMC no EM, o professor levou para a sala de aula, para os licenciandos pesquisarem, os seguintes livros didáticos de física do EM aprovados pelo Programa Nacional do Livro Didático – PNLD 2012: *Quanta Física* (KANTOR et al, 2010), *Física em contextos – pessoal, social, histórico* (PIETROCOLA et al, 2010), *Compreendendo a física* (GASPAR, 2011) e *Física e realidade* (GONÇALVES; TOSCANO, 2010) e o livro paradidático *Física Moderna – tópicos para o ensino médio* (BRAZ Jr, 2002), todos eles continham no volume três assuntos sobre FMC. O tema e o documentário escolhido pelos licenciandos para a proposta de minicurso encontram-se na Tabela 4. O minicurso foi apresentado por apenas três dos quatro licenciandos que realizaram a disciplina.

Tabela 4. Temas e documentários escolhidos pelos licenciandos para o minicurso.

Licenciando	Tema do minicurso	Documentário
Larissa	Onde estão todos os outros?	Are we alone in the universe? (<i>Estamos sozinhos no universo?</i> , BBC, 2008)
Fernanda	Física Moderna: aplicações tecnológicas.	How science changed our world (<i>Como a ciência mudou o nosso mundo</i> , BBC, 2010)
Márcio	A equação de vida e morte de Einstein.	Einstein's equation of life and death (<i>A equação de vida e morte de Einstein</i> , BBC, 2005).

O documentário escolhido por Larissa, *Are we alone in universe? (Estamos sozinhos no universo?)*, foi produzido pelo canal britânico BBC Two em 2008. Ele trata de uma questão controversa que é a possibilidade de existência de vida fora da terra. Pode ser considerado, de acordo com a classificação de Nichols, como um documentário de *discurso direto*. É narrado por

uma *voz over* fora de campo durante todo o tempo e recheado de entrevistas de vários cientistas de renome que pesquisam a possibilidade de vida fora da terra. O documentário faz uma viagem aos principais laboratórios do mundo que realizam pesquisa nesta área e um pequeno histórico de como se desenvolveu a área de pesquisa de vida extraterrestre no século XX. Relata a descoberta dos principais planetas descobertos fora do nosso sistema solar nas últimas décadas e o estudo realizado desde então para determinar a composição química e física destes planetas. Apresenta também uma entrevista com o cientista americano Frank Drake responsável pela equação que leva seu nome e um dos fundadores, junto com Carl Sagan (1934 - 1996), do SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence), instituição que tem por objetivo a pesquisa na busca de vida fora da terra. Além disso, o documentário faz também alusão aos desenvolvimentos da Astronomia e da Física, produzidos no século XX, e que contribuíram para a pesquisa na existência de vida fora da Terra.

No início da proposta de minicurso, Larissa apresentou uma aula expositiva de aproximadamente 20 minutos sobre o tema e o porquê da escolha do documentário. Assistimos o documentário e realizamos uma discussão sobre os conteúdos apresentados nele. Logo em seguida, a licencianda entregou para todos os outros licenciandos e para mim as questões que tinha elaborado e que usaria com alunos de EM caso trabalhasse esse documentário com eles. As discussões realizadas e as respectivas análises estão no Capítulo 4.

O documentário escolhido por Fernanda foi *How science changed our world? (Como a ciência mudou nosso mundo?)* produzido pelo canal britânico BBC One em 2010. O Professor Robert Winston, médico e cientista de formação, apresenta o que, de acordo com ele, foram as 10 maiores descobertas científicas dos últimos 50 anos do século XX e os seus respectivos impactos na sociedade. Entre elas estão: Microchip, Internet, Projeto Genoma Humano, Laser, Teoria do Big Bang e Ressonância Magnética. Podemos classificá-lo como um *filme de entrevistas*, cuja

principal característica que o diferencia do de *discurso direto* é a presença do narrador, neste caso o próprio Winston, que fala diretamente ao espectador. Os entrevistados são cientistas, engenheiros, médicos, astrônomos que participaram ou participam no desenvolvimento das descobertas narradas ou pessoas comuns que foram beneficiadas por essa descoberta. Por exemplo, quando o apresentador narra a descoberta e o uso da Ressonância Magnética, ele entrevista um pesquisador da área de ressonância magnética e uma mulher que é beneficiada pela técnica no tratamento de um tumor cerebral. Um ponto importante do documentário escolhido por Fernanda é que ele abre espaço para a participação do espectador. Quando o documentário foi ao ar em 2010, o site da BBC One, responsável pela produção e transmissão do documentário, deixou um espaço aberto para que o espectador pudesse votar qual, em sua opinião, foi a descoberta mais importante do documentário. Após um período de votação o site abriu um espaço para discussão sobre o resultado da votação. Atualmente o resultado da votação se encontra no Wikipédia que fala sobre o documentário². Sendo assim, o documentário aproxima-se do modelo contextualista de divulgação da ciência discutido no Capítulo 1, onde há a possibilidade de participação do espectador.

Fernanda iniciou o minicurso apresentando a temática Física Moderna: aplicações tecnológicas, contou um pouco sobre o documentário que iríamos assistir, assistimos o documentário e depois houve a discussão sobre o mesmo. Trechos das discussões realizadas e as análises encontram-se no Capítulo 4.

A equação de Einstein $E=mc^2$ e suas relações com a Segunda Guerra Mundial foi o tema escolhido por Márcio. Para isso, ele escolheu o documentário *Einstein's Equation of life and death (A equação de vida e morte de Einstein)*. O documentário foi produzido em 2005 pelo Canal 2 da BBC em comemoração aos 100 anos da Teoria da Relatividade Especial de Einstein e

² https://en.wikipedia.org/wiki/How_Science_Changed_Our_World

faz parte da série Horizon. Ele segue uma narrativa clássica no sentido de que começa expondo uma problemática envolta em mistério e drama incitando a nossa curiosidade para saber sobre as possíveis soluções que supostamente serão resolvidas no final do documentário. Começa com Einstein sendo incitado por Szilard para escrever a famosa carta que deu início ao projeto americano da construção da bomba atômica: O projeto Manhattan.

Quanto ao estilo, o documentário pode ser classificado como de *discurso direto* com a narrativa fora de campo, porém traz elementos do *cinema direto*, uma vez que possui entrevistas de físicos que trabalham em universidades e instituições de pesquisa nos Estados Unidos e na Europa que participam no intuito de produzir significados e confirmar o que já foi dito pelo narrador fora de campo. No entanto, ele pode também ser classificado como um *docudrama*. Atores representam cientistas, por exemplo, Einstein e Szilard, simulando o momento histórico no qual Szilard procura Einstein para explicar o que está acontecendo na Alemanha sobre pesquisa em Física Nuclear durante a Segunda Guerra Mundial. Em suma, o documentário narra o desenvolvimento da física nuclear durante a segunda guerra mundial dando ênfase na contribuição da equação de Einstein para a compreensão do fenômeno da fissão e a posterior construção da bomba atômica pelos americanos em 1945.

Assim como Fernanda e Larissa, Márcio iniciou o minicurso falando sobre o conteúdo do documentário. Depois de assistirmos, discutimos as questões elaboradas por Márcio e que ele trabalharia com os alunos do EM caso aplicasse esse minicurso em aula. Todas as discussões foram transcritas e os trechos selecionados foram analisados no Capítulo 4.

As apresentações das propostas de minicursos seguiram a mesma estrutura para os três licenciandos: inicialmente eles deram uma pequena aula expositiva sobre o tema, depois assistimos o documentário, discutimos os assuntos tratados no documentário e por último discutimos as questões elaboradas pelo licenciando e que ele aplicaria para os estudantes do EM,

caso esse minicurso fosse realizado pelo licenciando para os estudantes. As propostas foram filmadas e as informações foram transcritas e analisadas mediante o aporte teórico-metodológico da AD.

Ao propormos aos licenciandos que realizassem as propostas de minicursos, tivemos como objetivo investigar as produções de sentidos deles ao usar documentários com o propósito de trabalhar assuntos relacionados à Física produzida século XX no EM.

CAPÍTULO 4 - ANÁLISE DE INFORMAÇÕES COLETADAS

A coleta de informações realizada na disciplina Práticas do Ensino de Física II foi em três momentos: apresentação do Plano de Aula, atividades com o documentário de Herzog e a apresentação da proposta de Minicurso. No anexo V encontram-se as transcrições das apresentações dos planos de aula dos licenciandos Larissa, Márcio e Fernanda³. No anexo IV encontram-se as transcrições da atividade de discussão do documentário *A caverna dos sonhos esquecidos*. E, no Anexo VI, das três propostas de minicursos realizadas pelos licenciandos. O licenciando Breno não apresentou o Plano de Aula nem a Proposta de Minicurso, porém, participou das discussões nas atividades com o documentário de Herzog e das propostas de minicursos apresentadas pelos seus colegas da disciplina.

No anexo IV encontra-se o questionário elaborado pelo professor sobre o documentário de Herzog, e o questionário proposto pelos licenciandos também sobre o documentário de Herzog. As informações analisadas sobre as atividades com esse documentário são: o diálogo sobre o documentário entre professor e os licenciandos e os dois questionários. Nestas atividades, procuramos compreender as produções de sentidos dos licenciandos em física sobre a inserção de tópicos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM) usando como estratégia de ensino e aprendizagem Documentários de Divulgação Científica (DDC). Além disso, procuramos, de forma dialógica e colaborativa, delinear formas de se trabalhar com determinados DDC no espaço formal da sala de aula objetivando introduzir noções de FMC no EM.

Apoiando-nos no referencial da Análise de Discurso (AD), e tendo em vista os processos de constituição, formulação e circulação da narrativa documental e alguns aspectos da

³ Os nomes são fictícios.

própria epistemologia da arqueologia, submetemo-nos a ouvir e desenvolver hipóteses e gestos de interpretação sobre os tipos de discursos proferidos pelos atores-cientistas que participaram do documentário. Procuramos evidenciar os sentidos produzidos pelos licenciandos, relacionando-os às condições de produção imediatas, mas também, tendo em conta a memória dos estudantes relacionada à história de vida, incluindo a leitura de imagens em movimento desses licenciandos. Não procuramos um sentido verdadeiro, através de uma *chave* da interpretação (ORLANDI, 2010). No entanto, também não escapamos da procura de literalidade do discurso científico, injunção comum quando se trata da interpretação única ou sentido único deste tipo de discurso.

Utilizando principalmente o princípio da AD da não transparência da linguagem, e noções como interdiscurso/memória discursiva, imaginário, repetição empírica, formal e histórica, discurso autoritário e polêmico e formação discursiva, procuramos compreender possíveis deslocamentos na forma como os futuros professores de Física concebem o ensino de sua disciplina. No caso de nossa pesquisa, verificamos inicialmente, em conversa com os licenciandos e na posterior apresentação do plano de aula, a ênfase dada à preocupação em se transmitir conteúdos de FMC por meio dos DDC. Ao longo da disciplina, por meio das leituras realizadas pelos licenciandos sobre as relações entre o documentário e a sala de aula, procuramos ampliar os seus usos além do comumente realizado, por exemplo, para reforçar algum conteúdo dado. Além disso, nas atividades que realizamos usando o documentário *A caverna dos sonhos esquecidos*, procuramos focar na promoção de múltiplos olhares e interpretações sobre os referentes tratados no documentário. Discutimos ainda, a própria linguagem do documentário, entremeada de discursos de ordem científica, poética e filosófica e como este estilo poderia ser trabalhado de forma multidisciplinar no EM.

Cabe salientar que o uso de determinado referencial teórico não é apenas com o intuito de realizar a análise de dados. Desde o início dos procedimentos metodológicos somos

afetados pelas contingências teóricas adotando certas posturas em detrimento de outras. Seja nas atividades realizadas com os licenciandos ou na escolha dos Documentários de Divulgação Científica (DDC) usados por nós, a decisão de compreender determinados aspectos e não outros, já foram postos inconscientemente pelo dispositivo teórico. Como apontado por Almeida (2004, p. 44):

Em qualquer estudo, a explicitação do dispositivo teórico colocado a funcionar é fundamental, e quase sempre seu papel vai além daquilo que frequentemente é suposto pelos autores do estudo. [...] as convicções que esse referencial possibilita, direta ou indiretamente, já se fazem presentes na definição desse problema.

Optamos por apresentar as informações analisadas seguindo o percurso de cada licenciando ao longo do semestre. Sendo assim, inicialmente apresentamos a análise das informações sobre as atividades realizadas com o documentário de Herzog e posteriormente o percurso de cada licenciando que se constitui na apresentação do plano de aula (início da disciplina) e da proposta de minicurso (final da disciplina).

4.1. Atividades com o documentário de Herzog.

As atividades com o documentário de Herzog, *A caverna dos sonhos esquecidos* tiveram a duração de quatro aulas de 50 minutos cada (Aulas sete a onze do Anexo III). O assunto da aula sete foi o carbono 14. No final desta aula entregamos para os licenciandos dois trabalhos para serem lidos em casa: *A química do tempo: Carbono-14* da revista Química Nova na Escola (FARIAS, 2002) e *A caverna onde a arte nasceu* da revista de divulgação científica Scientific American Brasil (VALLADAS; CLOTTE; GENESTE, 2004). Dissemos que na aula seguinte iríamos assistir um documentário sobre uma caverna que tinha sido descoberta na França.

Nas aulas oito e nove assistimos os primeiros 45 minutos do documentário e depois pedimos para os licenciandos responderem um questionário envolvendo questões sobre o documentário. Estas questões foram sobre o conteúdo e a linguagem do documentário (Anexo IV). Em seguida, pedimos para os licenciandos elaborarem um questionário sobre o documentário assistido pensando na possibilidade de que este pudesse ser usado numa atividade que eles realizariam com alunos do EM (Anexo IV). Este questionário foi elaborado em casa e entregue na aula seguinte. Nas aulas dez e onze realizamos uma conversa informal sobre o documentário, a qual foi totalmente transcrita (Anexo IV).

4.1.1. Respostas dos licenciandos ao questionário proposto pelo professor

O questionário após os estudantes assistirem parte do documentário foi respondido em casa e entregue na aula sobre a discussão do documentário. As questões elaboradas por nós objetivaram investigar os sentidos produzidos pelos licenciandos sobre a forma como o documentário apresentou os assuntos tratados e as possíveis relações com o documentário e a sala de aula, caso eles usassem este recurso no EM. Além disso, procuramos dar voz aos licenciandos sobre como eles utilizariam este documentário em suas aulas no EM. Dos quatro licenciandos, somente Larissa já ministrava aulas de física para o EM no momento da atividade. Os outros estavam fazendo, ou já tinham feito o Estágio Supervisionado, que é um componente curricular obrigatório para a conclusão do curso de licenciatura em física. Márcio já tinha participado do PIBID (Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência).

Selecionamos as respostas que consideramos importantes para esta investigação, visando ter elementos que possam contribuir para responder as questões de pesquisa. Primeiramente, procuramos investigar como os futuros professores de física produzem sentidos sobre a inserção de assuntos relacionados à FMC no EM por meio de DDC? e também de que

forma o trabalho com determinados DDC em sala de aula pode contribuir para a discussão de aspectos da FMC no EM.

A primeira questão do questionário refere-se à linguagem usada no documentário e sua adequação ao EM: *Você considera a linguagem usada no documentário adequado para a faixa etária de alunos do ensino médio? Fundamente sua resposta.* A resposta da licencianda Larissa foi a seguinte:

***Larissa:** A linguagem usada no documentário, apesar de aparecer em algumas partes termos técnicos, considero adequada para o ensino médio, pois é uma maneira de inseri-los em termos, palavras usadas na ciência. Cabe ressaltar que alguns alunos tem dificuldade em diferenciar filme e documentário, logo sugiro que deixe explícito que a caverna é real e que o documentário é verdadeiro e que a datação de 32 mil anos é confiável, pois isso pode gerar descrença pelos alunos⁴.*

Na primeira parte da resposta a licencianda fala sobre a linguagem do documentário. Ela parece salienta a importância de se usar a linguagem da ciência em sala de aula, neste caso por meio do uso de documentários. No entanto, na segunda parte sua fala remete ao direcionamento de uma produção de sentido única. Primeiro, ao contrapor sem uma problemática a distinção entre filme e documentário, e segundo, ao classificar o documentário como verdade. Nas condições de produção imediatas, que incluíram não só a atividade que realizamos com o documentário de Herzog, mas também as leituras realizadas na disciplina Práticas do Ensino de Física II, problematizamos o conceito de documentário, particularmente na leitura do trabalho de Bruzzo (1998) onde ela analisa a distinção *real e ficção* e conclui:

Sem dúvida é importante não ter ilusões quanto à veracidade dos filmes, de todos os tipos de filmes, isto não significa, entretanto, que o diretor seja um mentiroso. Se o professor se preocupa com a verdade expressa nos filmes, só me

⁴ Mantemos aqui a ortografia dos licenciandos.

resta um conselho: "o espectador que necessita de garantias de autenticidade não deve ver filmes" (BRUZZO, 1998, p. 24).

Quando a licencianda se posiciona sobre a dicotomia *real* e *ficção* em relação ao documentário acaba se posicionando entre *verdade* e *ficção* sobre a ciência. Pois, como o documentário é *real*, a ciência narrada por ele também deve ser verdade, ou seja, como a própria licencianda coloca devemos dizer logo de início ao aluno que “[...] a datação de 32 mil anos deve ser confiável, pois isso deve gerar descrença pelos alunos”. Numa concepção de aula onde gostaríamos de fomentar a discussão de controvérsias, deslocando o discurso de autoridade do professor no sentido de um discurso polêmico, onde o posicionamento do estudante é fundamental, é justamente a *descrença*, no sentido aqui de uma curiosidade, que procuraríamos fomentar nas aulas de física do EM. No caso das pinturas da caverna de Chauvet ainda existem muitas controvérsias sobre a idade das mesmas, contrapondo-se as medidas pelo método do Carbono-14 ao método estilístico que é aquele baseado na comparação do estilo das pinturas descobertas com o de pinturas já conhecidas. Além disso, o documentário abre espaço para as mais variadas produções de sentidos sobre o estilo das pinturas, ou seja, sobre a própria forma de se representar a realidade daquela época por meio de pinturas rupestres.

Contudo, o fato de Larissa apontar que devemos dizer que a caverna é *real*, que o documentário é *verdadeiro* e que a datação de 32 mil anos é *confiável* pode estar relacionado à sua memória discursiva de espectadora de documentários. Muitos documentários recentes utilizam efeitos especiais e artifícios da computação gráfica, para dar uma sensação de “realidade” e “confiabilidade”. Como apontado por Dijck (2006), muitos DDC apresentam tendência de usar diversos tipos de efeitos visuais, facilitados pelos avanços da computação gráfica, sem a necessidade de estarem relacionados a algum referente do mundo real. Essa tendência, de acordo com a autora, contribui para explicar e ilustrar teorias científicas abstratas.

No caso do termo *confiabilidade* explicitado pela licencianda, ressaltamos que outro recurso utilizado pelos documentários atuais, relativo ao modo de sua narrativa, são as entrevistas com pesquisadores de renome na área do referente discutido. O modo como são realizadas essas entrevistas, muitas vezes se prestam a legitimar os conteúdos científicos que estão sendo apresentados no documentário. No caso do documentário da caverna, essa técnica poderia ter sido usada se Herzog tivesse entrevistado pesquisadores e todos confirmassem a datação das pinturas da caverna, proporcionando para o espectador uma sensação de confiabilidade em relação à informação. Porém, não é este o caso, pois a preocupação estética e especulativa prepondera sobre os elementos puramente científicos.

Para Márcio, o problema está no modo como ocorre a narrativa:

Márcio: A linguagem utilizada no documentário não apresenta termos específicos, de modo que se é possível a compreensão da narrativa. Portanto, acredito que a linguagem é adequada para a faixa etária dos alunos do ensino médio. Um ponto que eu gostaria de falar é sobre a forma como o documentário é narrado. A narrativa é revestida com um tom filosófico, apaixonado pela arte. Nada contra, mas talvez isto leve alguns alunos a encararem o documentário como algo entediante. (grifo nosso)

Podemos compreender a fala do licenciando lembrando o que é dito por Orlandi (2008) ao se referir à terminologia científica usada na divulgação da ciência. De acordo com ela, ao insistir menos na representação terminológica da ciência e trabalhando mais o processo de sua construção, o discurso da divulgação científica “[...] habilita o sujeito a produzir um gesto de interpretação, um movimento de ciência” (ORLANDI, 2008, p. 159). Ao associar o fato de que o documentário não possui “termos específicos” a “compreensão da narrativa”, a fala de Márcio vai ao encontro da perspectiva apontada pela autora em relação aos possíveis usos da divulgação da ciência.

No entanto, o apontamento feito por Márcio na parte sublinhada, possivelmente se remete ao que dissemos anteriormente sobre o fato de que o documentário de Herzog não é tradicionalmente classificado como de divulgação científica e provavelmente isso incomodou as condições sócio-históricas de Márcio. Talvez falando da posição de estudante de Física, ele buscasse mais “objetividade” na narração documental. Muitos DDC, particularmente os que seguem a tradição griersoniana, quando cientistas são entrevistados pelo apresentador, geralmente o modelo seguido é aquele que reafirma ou confirma o paradigma científico prevalente naquele momento. As informações são factuais e há pouco espaço para o que o licenciando chama de “... tom filosófico, apaixonado pela arte”. Ora, uma das justificativas ao escolher este documentário foi justamente o fato deste possuir uma narrativa diferente dos DDC classificados como *discurso direto* da tradição griersoniana. Nesse sentido, acreditamos que discussões envolvendo outras questões que não sejam do domínio referencial da física, numa concepção de ensino multidisciplinar, poderiam ser trabalhadas com os alunos do EM. Como aponta Zanetic (2006) existe uma ponte entre a Arte e a Física que pode e deve ser cultivada nas atividades das aulas do EM. Neste tipo de atividade procuramos dar voz ao aluno e descentralizar a aula da figura do professor expositor de conteúdos. É necessário, entretanto, ter em conta que os alunos podem ter determinadas expectativas, como foi o caso de Márcio.

Na segunda questão do questionário procuramos investigar as produções de sentidos sobre as preferências dos licenciandos em relação à resolução da imagem do documentário, e se este era considerado um fator importante por eles na seleção do recurso para usá-lo em sala de aula. A questão que consideramos bastante diretiva foi a seguinte: *Você considera o fato do documentário ser em alta definição importante para o contexto de sala de aula? Fundamente sua resposta.* Como esperado, as respostas foram semelhantes, no entanto, as justificativas tiveram características próprias dependendo do licenciando:

Fernanda: *Sim. O documentário com melhor qualidade faz com que o aluno se interesse mais do que documentários de baixa definição, pois nestes de baixa resolução as imagens são menos definidas e conseqüentemente será mais difícil de “prender” a atenção dos alunos.*

Larissa: *Considero que uma imagem em alta definição seja atrativa em qualquer contexto, uma imagem com resolução baixa dificultaria a visão dos detalhes do desenho, por exemplo, as pernas dos cavalos, simulando movimento. O que ajudaria muito seria o fato de o documentário fosse dublado, pois para ler e observar os detalhes da imagem fica um pouco complicado para alunos do ensino médio, e como as escolas não dispõem de salas como o cinema (a cadeira de trás um degrau acima do que a da frente), isso poderia ocasionar dificuldades na leitura por ter outros alunos na frente.*

Márcio: *Sim. Acredito que isto por si só gera um tipo de conforto em bem estar. Imagine você sentado em uma cadeira que já não é confortável, assistindo a algo que talvez não chame a sua atenção, e o vídeo está distorcido devido a baixa qualidade. Além disso, varias cenas são em um ambiente escuro, logo a qualidade do vídeo é muito importante.*

Breno: *Sim, pois passa a sensação maior de realidade, já que o documentário diz respeito a pinturas e imagens seria ruim se não tivesse qualidade suficiente para prender a atenção dos alunos.*

Apesar do direcionamento da questão, um ponto importante a ser considerado nas respostas à questão dois refere-se à adesão de todos os licenciandos em associar a qualidade da resolução do documentário ao fato desta *prender* a atenção dos alunos. Outro, por exemplo, apontado por Larissa, é a associação da qualidade da imagem à compreensão do que é representado pela mesma, enfatizando que “[...] *uma imagem com resolução baixa dificultaria a visão dos detalhes do desenho, por exemplo, as pernas dos cavalos, simulando movimento*”. A imagem na qual a licencianda se refere se encontra abaixo em duas *versões*: a de alta qualidade e a de baixa qualidade (Figura 5).



Figura 5. A imagem (a) de “alta qualidade” ou alta resolução, e a imagem (b) de “baixa qualidade” ou baixa resolução.

As imagens (a) e (b) foram retiradas do mesmo trecho do documentário de Herzog. No entanto, a imagem (a) de uma versão em alta resolução (720p) e a imagem (b) de uma de baixa resolução (240p). Podemos notar que a alta resolução contribui para a produção de outras leituras sobre o mesmo referente. Neste caso, julgamos que a nossa fala problematizando a imagem e os sentidos produzidos por ela, pode contribuir para o que os licenciandos chamam de *prender* ou *chamar* a atenção do aluno. Podemos ter algumas hipóteses sobre a memória discursiva dos estudantes sobre imagens, tendo como pressuposto a cotidianidade do aluno: pintura, carvão, animal, caverna etc. Ou o que está apagado, oculto: sua temporalidade, técnica desenvolvida, movimento, animais pré-históricos, representação da realidade pelo homem pré-histórico etc. E podemos estender as outras significações produzidas para mim como admirador de arte pré-histórica e documentário de divulgação científica, ou para os pesquisadores que trabalham nas interpretações destas pinturas na própria Caverna de Chauvet. Ou ainda para grande parte dos alunos, que não teriam tido anteriormente contato com algo semelhante. Citando Silva:

Para nós, no entanto, importa destacar os seguintes aspectos: a leitura (interpretação) de imagens integra-se numa história que é maior do que nós, num processo do qual não somos a origem; uma imagem, ao ser lida, insere-se numa rede de imagens já vistas, já produzidas, que compõem a nossa cotidianidade, a nossa sensação de realidade diante do mundo. A leitura (interpretação) de

imagens não depende apenas do contexto imediato da relação entre leitor e imagem: para lê-la o leitor se envolve num processo de leitura (interpretação) que já está iniciado (SILVA, 2006, p. 77).

Uma leitura possível para a Figura 5.a. está relacionada à ideia de movimento pela superposição de imagens e pelas múltiplas pernas pintadas no cavalo do canto superior esquerdo como apontado pela licencianda. O documentário de Herzog problematiza essa técnica, até então não encontrada em outras cavernas da Europa, como a de Lascaux, por exemplo. No entanto, a Figura 5.a. com um campo de visão aumentado, produz um sentido relacionado à *fuga*, pois, neste caso, os animais representados na Figura 5.a. parecem estar fugindo de outros animais (Figura 6). De acordo com os pesquisadores entrevistados no documentário de Herzog, esta imagem representa a *realidade* como vista pelo homem pré-histórico há 32 mil anos atrás.

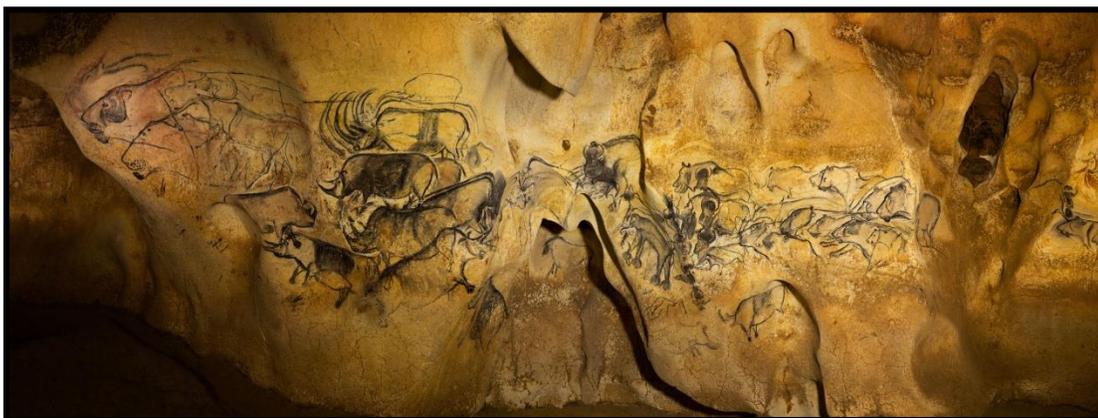


Figura 6. Sob outro enquadramento a imagem nos passa a ideia de fuga e a de representação de realidade do homem do Paleolítico há 32 mil anos atrás.

A Figura 6 nos remete a outras significações, outras leituras, além da ideia de movimento, já representada na Figura 5.a., pois a seleção de uma moldura muda o funcionamento da imagem. Como aponta Xavier (2003):

Diante de tal fé na imagem, nossa primeira operação é reverter o processo e chamar a atenção para a moldura, para a relação entre a foto o seu entorno, para

o fato de que o *sentido* se tece a partir das relações entre o visível e o invisível de cada situação (XAVIER, 2003, p. 32).

Ao falar sobre como o cinema e diretor, a partir de uma escolha e o silenciamento de outra, constroem ideologicamente a moldura das imagens em movimento, Xavier prossegue:

A imagem que recebo compõe um mundo filtrado por um olhar exterior a mim, que organiza uma aparência das coisas, estabelecendo uma ponte, mas também se interpondo entre mim e o mundo. Trata-se de um olhar anterior ao meu, cuja circunstância não se confunde com a minha na sala de projeção (XAVIER, 2003, p. 35).

A Figura 6, também em alta resolução, tem a potencialidade de evidenciar detalhes e olhares sobre as pinturas da caverna de Chauvet, como explicitado por Herzog no documentário: a de que o homem, já na idade do Paleolítico há 32 mil anos atrás, usava o relevo das paredes para representar a sensação de profundidade e movimento, ou seja, a ideia de imagens construídas em 3D. De acordo com Herzog, ainda renitente em usar a técnica de 3D no cinema, este foi um dos motivos que justificaram a gravação do documentário usando tal técnica.

A terceira questão objetivou fazer com que os licenciandos procurassem elementos conceituais da FMC presentes no documentário e que pudessem fazer parte das discussões numa possível atividade utilizando o recurso audiovisual em aulas de física. A questão foi a seguinte: *Durante o documentário são mencionadas datas de ocorrência de eventos no passado. a) Como vocês acham que os cientistas sabem estas datas? b) O que a Física tem a ver com isso?*

Como esperado, as respostas dos licenciandos ao item a. fazem referência ao Carbono 14. Já, para o item b., os licenciandos fazem referência não somente ao Carbono 14, mas também, a outros conceitos da FMC encontrados por eles no documentário. Fernanda, por exemplo, coloca:

Fernanda: *A Física, mais propriamente a Física Moderna, está relacionada com isso porque estuda Decaimento Radioativo. Além de possuir outros pontos*

no documentário que também é relacionado com a física, por exemplo: luz, lasers etc.

Márcio historiciza, ao agregar informações a respeito da técnica e de seu desenvolvimento:

***Márcio:** A datação por meio do carbono-14 baseia-se no tempo de meia vida deste elemento, ou seja, o tempo em que metade da amostra decai emitindo assim radiação. Estes processos são fenômenos estudados na Física. As técnicas que determinam a quantidade de carbono-14 também são da área da Física.*

O objetivo desta questão era que os licenciandos *extraíssem* possíveis utilizações de conceitos de FMC mencionados no documentário e que de alguma forma tivessem contribuído para a compreensão de aspectos sobre as pinturas ou sobre a caverna. Falando da posição de professor da disciplina, e tendo a física como referente principal de minha formação discursiva, meu objetivo foi dar alguns exemplos de como a FMC contribuiu para outras áreas do conhecimento além do da física, como da arte, cultura etc.

É interessante notar que alguns dos pesquisadores que foram responsáveis pela datação de algumas das pinturas encontradas na caverna participaram do documentário, seja por meio de entrevistas, produzindo sentidos sobre algumas pinturas ou apenas mostrando o interior da caverna para os cineastas, a fim de que estes tomassem os devidos cuidados ao filmarem o interior da mesma. A participação destes pesquisadores no documentário confere a este uma legitimação e autoridade das narrativas que são ali produzidas, no entanto, apesar desta ser uma estratégia comum nos documentários de divulgação científica (BIENVENIDO, 2007), aqui também parece ser uma prerrogativa indispensável na produção do documentário, pois estes pesquisadores são as poucas pessoas que tem acesso liberado pelo governo Francês para entrar na caverna. Desde a descoberta da caverna em 1994, estes pesquisadores têm publicado uma dezena

de trabalhos com objetivo de firmar uma idade média para as pinturas que foram descobertas neste sítio arqueológico (BOCHERENS, et. al. 2006; VALLADAS, 2003; SADIÉ et al, 2012).

A questão quatro teve como objetivo investigar as possibilidades de se discutir questões controversas relacionadas à própria natureza do conhecimento científico. Já havia discutido com os licenciandos, tanto na disciplina de Práticas do Ensino de Física II, como nas duas do semestre anterior Pesquisa e Prática do Ensino de Física e Práticas do Ensino de Física I, a importância de se discutir questões controversas relacionadas ao conhecimento científico em sala de aula. Sendo assim, os licenciandos já possuíam um conhecimento prévio sobre estas linhas de pesquisa e suas relações com a sala de aula devido às condições de produção sócio-históricas. A questão foi a seguinte: *Alguns pesquisadores na área de ensino de ciências já perceberam que alguns documentários apresentam uma forma de ciência que eles chamam de “final form science”, ou seja, a narrativa do documentário “apaga” alguns aspectos controversos dos assuntos tratados no documentário e apresentam apenas resultados “indiscutivelmente comprovados” pela ciência. Você percebeu estes aspectos neste documentário? Em caso positivo, saberia indicar formas de discutir estes aspectos em sala de aula?*

Na opinião das licenciandas Fernanda e Larissa, por exemplo, o documentário por si só, não apresenta elementos suficientes para promover uma discussão em sala de aula sobre as controvérsias nas datações das pinturas da caverna:

Fernanda: *Não percebi estes aspectos no documentário. Sei, através de discussão na disciplina de Práticas de Ensino de Física II, que muitos autores não acreditam e possuem embasamento para contrapor os dados dessa caverna.*

Larissa: Houve a controversa entre a datação inicial e a datação pelo C-14. Somente por ter visto o documentário, não saberia discutir este aspecto em sala da aula.

Nessas respostas podemos notar a importância da mediação do professor na discussão de questões como essas, ressaltando inclusive, não apenas partes do documentário, mas, eventualmente, trazendo outras informações.

No caso das pinturas da caverna de Chauvet, a controvérsia na datação das pinturas teve uma repercussão de grandes proporções na comunidade científica. De fato, a idade calculada pela técnica do Carbono 14, causou uma mudança de paradigma na arqueologia sobre como se deu o desenvolvimento da arte na pré-história (PETTITT, 2008). Porém, em um artigo publicado em 2012, a controvérsia com relação à datação das pinturas de Chauvet parece ter chegado ao fim. Neste artigo, vários pesquisadores realizaram datações independentes utilizando o elemento ^{36}Cl , chegando no valor aceito pela datação com o elemento Carbono 14 (SADIER et al, 2012). No entanto, até esta data, o embate na comunidade científica sobre a data de realização das pinturas era comum, e questões destes tipos podem ser ilustrativas no ambiente de sala de aula para elucidar elementos da natureza da ciência e sua construção.

Os documentários de divulgação científica, vistos como materializações de um tipo de discurso científico, geralmente apagam as controvérsias que são inerentes a qualquer processo de investigação na ciência. Como afirma Bruzzo (1998), a narrativa científica predominante nestes meios é não problemática. Como apontado pela autora:

[...] Quando o assunto é a atividade científica ou mundo natural, parece que o espectador é mobilizado de outra forma, talvez menos crítica ou, quem sabe, atribuindo menos importância a este tipo de assunto. Pode ser que isso reflita, em alguma medida, a relação ambígua que a sociedade mantém com tudo que guarde relação com a ciência: um misto de respeitoso temor e distanciamento

com a consideração ingênua de que, embora séria, sua esfera é menos interessante, ou merece menos atenção (BRUZZO, 1998, p. 24).

Márcio e Breno apresentam algumas *soluções* de como trabalhar com os alunos as controvérsias científicas que existem em relação à datação das pinturas, mas que não são apresentadas no documentário:

***Márcio:** Não lembro muito bem desta parte no documentário. Creio que há uma breve citação de que alguns cientistas não acreditavam nos dados referentes à datação, mas não ocorre uma abordagem maior a respeito. De qualquer forma nos é passado que as informações do documentário são todas verdadeiras. A fim de instigar os alunos sobre esta verdade absoluta, procuraria passar a eles exemplos em que a datação por carbono-14 falhou.*

***Breno:** Percebi no documentário que as datas são tratadas como certeza, o que não ocorre, já que alguns pesquisadores não concordam com elas. O interessante seria mostrar aos alunos os vários lados envolvidos criando discussões e mostrando a ciência de forma não linear com seus erros e controvérsias.*

Podemos notar que os licenciandos evidenciam conhecimento de formas de trabalhar o ensino de física em sala de aula além dos moldes considerados tradicionais, ou seja, baseados unicamente no trabalho com a linguagem matemática. Como afirma ele, procuraria mostrar a datação das pinturas não como uma *verdade absoluta*, mas dando exemplos dos possíveis erros cometidos no processo de datação das mesmas. Isso vai ao encontro de um ensino de física mais contextualizado com o caráter processual da ciência e menos dogmático e seletivo. Qualquer atividade de ensino de Física que foge a:

[...] regrinhas e receituários, questões pobres para prontas respostas igualmente empobrecidas, uso indiscriminado e acrítico de fórmulas e contas em exercícios reiterados; tabelas e gráficos desarticulados ou pouco contextualizados relativamente aos fenômenos contemplados; experiências cujo único objetivo é a “verificação” da teoria [...] Enfim, atividades de ensino que só reforçam o

distanciamento do uso dos modelos e teorias para a compreensão daqueles oriundos das transformações humanas, além de caracterizar a ciência como um produto acabado e inquestionável: um trabalho didático-pedagógico que favorece a indesejável ciência morta. (DELIZOICOV et al. p. 31, 2002).

Após os licenciandos responderem o questionário proposto pelo professor, pedimos para eles elaborarem um questionário com o objetivo de trabalharem o mesmo numa perspectiva de atividade que realizariam com seus futuros alunos do EM.

4.1.2. Questionário proposto pelos licenciandos

Pedimos que pensassem neste questionário como uma forma de avaliarem os estudantes do EM, caso realizassem a atividade do documentário de Herzog com eles. O questionário foi composto de quatro ou cinco questões, e os licenciandos que o elaboraram foram Márcio, Fernanda e Larissa. Abaixo selecionamos algumas questões feitas pelos licenciandos que nos ajudam a compreender algumas de suas produções de sentidos sobre a inserção de assuntos de FMC no EM por meio de DDC e como o trabalho com o documentário de Herzog pode contribuir para a discussão desses assuntos.

A questão quatro do questionário de Larissa, por exemplo, procura fazer com que os estudantes pesquisem mais sobre a técnica do Carbono 14.

Larissa: Questão 4. A Figura abaixo representa alces, percebemos que neste desenho temos dois alces, um sobreposto ao outro. Num primeiro momento, os desenhos não apresentam diferenças estilísticas, porém a diferença entre os dois desenhos são de quase 5 mil anos. Como foi possível tal datação, explique um pouco como é feito esse tipo de técnica?



*Figura da questão 4 do questionário de Larissa.
Dois alces sobrepostos.*

Nesta questão, a licencianda elucida uma problematização que é apresentada no documentário à qual, no entanto, não é dada muita ênfase: a diferença de idade entre os alces sobrepostos foi calculada usando a técnica do Carbono 14. Neste cálculo, os arqueólogos encontraram um resultado inusitado: um alce foi pintado, e 5 mil anos depois, o outro sobreposto ao primeiro. Isso significa que o primeiro alce foi pintado por um homem pré-histórico e, após 5 mil anos, outro homem pintou o outro alce sobre o primeiro. Esta questão pode contribuir para que estudantes de EM fiquem curiosos para saber um pouco mais sobre a técnica e o próprio conceito de Carbono 14, dado a peculiaridade do resultado.

A quinta questão proposta por Larissa trabalha com a questão da imagem e suas possíveis representações. É interessante notar a intenção da licencianda em propor questões de cunho multidisciplinar relacionando Física, Arte e História.

Larissa: Questão 5. Nos primórdios da história o homem fazia seus desenhos nas paredes das cavernas, hoje em vários pontos da cidade temos desenhos como mostrados na Figura abaixo, num muro da cidade de Sorocaba, esta arte é o grafite. O que temos de semelhança nestes dois tipos desenhos? Qual é a necessidade que destes dois indivíduos tiveram em representar seus desenhos?



Figura da questão 5 do questionário de Larissa - Na figura à esquerda temos o painel de rinocerontes desenhados na Caverna Chauvet, na figura a direita temos um grafite desenhado por Will Grafitti, localizado na Avenida Juscelino Kubitschek, Sorocaba – SP.

Além de trabalhar questões propriamente chamadas de questões conceituais da física, como é o caso da questão quatro, a licencianda mostra uma preocupação em discutir também questões que têm maior possibilidade de produzir *discursos polêmicos* possibilitando a polissemia em aulas de física no EM. Esse tipo de questão pode promover a leitura crítica de imagens, estáticas ou em movimento, e contribui para que os estudantes do EM, ao responderem questões desse tipo, historicizem o seu dizer procurando elementos, tanto das condições de produção imediatas quanto sócio-históricas para respondê-las. Esta questão pode possibilitar a presença de suas memórias discursiva, uma vez que o professor talvez não tenha trabalhado com questões relacionando aspectos do passado e do presente em suas condições de produção imediatas. Podemos associar este tipo de questão trabalhada por Larissa a um tipo de repetição histórica, pois, de acordo com ORLANDI (1998, p. 14) nesta: "[...] temos um aluno com um real trabalho da memória: ele inscreve assim o dizer em seu saber discursivo o que lhe permite não só repetir, mas deslizamentos, efeitos de deriva no que diz [...]". É interessante notar a relação estabelecida pela licencianda, quando nos remetemos à fala de Jean Clottes, um dos pesquisadores das pinturas realizadas na Caverna de Chauvet, quando questionado sobre os possíveis significados das pinturas, em particular as marcas de mãos deixadas na caverna. De acordo com ele, “[...] um possível significado está relacionado ao fato de que o homem do

Paleolítico, assim como os grafiteiros modernos, deixavam marcas para lembrar sua passagem pela caverna” (LEÃO, 2015, p. 88).

O texto de divulgação científica possibilita discussões que fogem ao paradigma da aula tradicional produzindo outros sentidos que os já estabelecidos, como por exemplo, a visão de ciência como algo acabado e de verdades indiscutíveis, onde não há um espaço para o discurso lúdico e polêmico (SILVA; ALMEIDA, 2005). Por se tratar de uma materialização do discurso da divulgação científica, acreditamos que o DDC pode produzir o mesmo efeito quando usado em sala de aula com os mesmos propósitos.

O questionário proposto por Márcio possuiu três questões aproximando-se do estilo conceitual. O licenciando adota uma abordagem que se aproxima em grande parte das aulas tradicionais de Física do EM, onde é cobrada dos estudantes a metalinguagem própria da Física, valorizando a memorização de conceitos e definições.

Márcio: Questão 1. Você consegue “enxergar” a Física neste documentário? Cite algum(s) conceito(s) que você identificou (pode citar algum exemplo mesmo que você não tenha certeza se é ou não relacionado a Física).

Questão 2. Em uma parte do documentário, é citado a utilização da luz fria. O que seria este tipo de luz? Qual a importância de se utilizar este tipo de luz em um ambiente como aquele do documentário?

Questão 3. O mapeamento da caverna foi feito a partir de scanners à laser. Você imaginava que o laser teria tal utilidade? Onde mais, você acha que os lasers estão presentes no nosso cotidiano?

Porém, ele vai além da simples busca de memorização de conceitos, uma vez que ele cria atividades que podem possibilitar ao estudante a oportunidade de se interessar pelos conceitos da FMC, por meio da pesquisa sobre estes conceitos, seja na internet ou em outros meios, e suas relações com o desenvolvimento de tecnologias que usam estes princípios para seu funcionamento. As questões propostas por Márcio podem suscitar nos estudantes a curiosidade

por assistir o documentário com outro olhar. Ao procurar os conceitos de *laser*, *scaners* e *luz fria* na narrativa documental associando-os às suas possíveis utilizações, o estudante está ampliando sua visão de mundo. Isso vai ao encontro de possíveis abordagens de se introduzir assuntos de FMC no EM, pois, pode produzir deslocamentos em relação à forma como as aulas de física são ministradas. A posterior discussão em sala de aula sobre os conceitos estudados com o auxílio do documentário pode contribuir para que o aluno tenha uma ideia das influências da ciência nas diversas áreas do conhecimento além da física vista na sala de aula. A quebra do cotidiano das aulas de física, muitas vezes baseadas apenas na resolução de exercícios retirados de apostilas e livros didáticos, contribui para a resignificação do ensinar e aprender física. Como apontado por Almeida (2012), ao descrever as principais características dos livros didáticos usados nas escolas do EM e nas Universidades:

[...] os manuais do ensino básico de física guardam grandes semelhanças com os do ensino superior. Entre outras características: utilização da metalinguagem própria da física, fórmulas que utilizam símbolos comumente considerados de difícil interpretação pelos estudantes e grande quantidade de exercícios cuja solução depende de se operar com a linguagem matemática. Ou seja, sem que sejam idênticos qualitativa e quantitativamente, os livros texto destinados ao ensino básico e ao superior são bastante semelhantes. É fato que ambos priorizam definições e exercícios numéricos (ALMEIDA, 2012, p. 36).

As questões formuladas por Fernanda guardam semelhança com as de Márcio:

Fernanda: *Questão 1. Você consegue relacionar o documentário com a física? E com as outras disciplinas? Justifique sua resposta.*

Questão 2. Porque os pesquisadores não podiam tocar na caverna? O que aconteceria se eles não andassem sobre a trilha de sessenta centímetros?

Questão 3. Como eles conseguem saber a data da caverna e conhecer os ossos e rastros deixados pelos animais?

Estas questões permitem o diálogo entre estudante e professor, pois priorizam a linguagem comum em relação à linguagem matemática, dando possibilidades de abertura para a produção de discurso polêmico. Ainda como apontado por Almeida (2012):

[...] a grande diferença entre as linguagens comum e matemática pode inibir possíveis intervenções dialógicas dos estudantes que não conhecem o que está sendo dito em linguagem matemática. E, como a memória discursiva se constitui ao longo da história de vida dos indivíduos, as definições e os textos dos manuais didáticos tornam-se constitutivos de memórias discursivas desfavoráveis ao exercício do discurso polêmico (ALMEIDA, 2012, p. 36).

A quarta questão proposta por Fernanda é distinta das questões anteriores produzidas pelos outros licenciandos, pois é uma questão que se refere ao próprio recurso audiovisual. Ela abre um espaço para que o estudante de EM possa opinar criticamente sobre o próprio documentário, contribuindo, por exemplo, para que o professor possa ter outros critérios na escolha do próximo recurso a ser usado com seus alunos, além disso, abre espaço para a polissemia em sala de aula, uma vez que cada aluno terá uma opinião formada de acordo com suas condições sócio-histórica:

***Fernanda:** O que vocês acharam do documentário? Justifique sua resposta.*

Como explicitado por Bruzzo (1998) a maioria das atividades com filmes e documentários em sala de aula, se referem apenas ao conteúdo do recurso deixando de lado uma análise crítica sobre o próprio recurso. Questões como: quem produziu? Com que fim? Quais os interesses que estão defendendo? Geralmente são deixadas de lado.

As questões elaboradas pelos licenciandos exemplificam algumas formas de se trabalhar com DDC em sala de aula. Provavelmente as questões produzidas por eles refletem aspectos das condições de produção imediatas da disciplina de Práticas do Ensino de Física II, pois as questões propostas assemelham-se às nossas questões anteriormente analisadas.

4.1.3. Diálogos sobre o documentário

A discussão sobre o documentário foi realizada entre professor e licenciandos. Teve duração de uma aula, aproximadamente 50 minutos. Nela participaram os licenciandos Márcio, Fernanda e Breno. Larissa faltou nesse dia. Procuramos seguir uma proposta metodológica de caráter semi-estruturada: fazíamos algumas questões iniciais e deixávamos os licenciandos expressarem sua opinião. Às vezes, o assunto mudava de foco, mas geralmente não intervínhamos, deixávamos que eles conversassem sobre os assuntos que iam surgindo.

Logo no início da discussão, quando perguntamos se os licenciandos leram os artigos entregues na aula anterior sobre o Carbono 14, Breno responde:

***Breno:** Eu li. Achei que as questões tratadas no texto sobre o C-14 fossem ser tratadas no documentário. Nem fala nada.*

***Professor:** É. O documentário fala só a utilização da técnica.*

***Breno:** Eu achei que ele fosse falar como funciona o processo.*

***Professor:** De fato ele não fala.*

***Breno:** Eu achei que fosse falar um pouco.*

Talvez Breno esperasse que o documentário falasse como a técnica do Carbono 14 é usada para realizar a datação das pinturas da caverna, ou mesmo falasse mais sobre o conceito de Carbono 14. Isso reforçaria o que foi dito anteriormente sobre o fato de que o licenciando, ou futuro professor de física, ao trabalhar com estratégias diferentes em sala de aula, tem como um de seus objetivos, *reforçar e complementar* conteúdos que foram trabalhados previamente usando outra estratégia de ensino, mas ele apenas cobra que o documentário o fizesse. Breno mostra ainda preocupação sobre se os alunos do EM serão capazes de compreender ou problematizar a temática do documentário e relacioná-la à física. Quando questionado se o aluno do EM compreenderia a linguagem do documentário e saberia relacioná-la à disciplina de física e aos possíveis usos da técnica do carbono 14, Breno expõe sua opinião:

***Breno:** Eu acho assim, se o aluno não teve nenhum contato com esse assunto do Carbono-14 ele vai passar despercebido. Eu, por exemplo, já tinha ouvido falar porque eu faço física, caso contrário, até entrar na faculdade eu não tinha ouvido falar de Carbono-14, não sabia nem o que era. Então o aluno não vai nem prestar a atenção nesses detalhes. Ele não vai conseguir relacionar com a física aquilo que foi passado no documentário sem antes ter tido algum contato com esse assunto.*

Pela colocação do licenciando, é necessário que o aluno de EM tenha conhecimentos prévios sobre o assunto, neste caso o Carbono 14, para que esse tenha meios de problematizar o que está sendo narrado no documentário. Acreditamos que um contato inicial com o assunto Carbono 14 contribuirá para que o aluno se interesse por assistir o documentário. No entanto, o objetivo deste documentário não é detalhar a técnica do Carbono 14. Se o principal objetivo fosse esse, ele poderia ser classificado como uma vídeoaula sobre a técnica de datação por Carbono 14. E estaríamos focalizando o reforço de conteúdos já estudados pelos alunos usando como recurso o documentário em sala de aula. Aqui, o objetivo de se usar o documentário de Herzog é aprender um pouco mais sobre o conceito e a técnica de datação por Carbono 14, mas também, e principalmente, saber como essa técnica ocasionou uma revolução em outras áreas do conhecimento ampliando a visão de mundo que temos da história da arte e de nós mesmos. Além disso, acreditamos que atividades desta natureza, podem contribuir para que os estudantes rompam com a visão estritamente disciplinar da ciência, podendo apreciar a beleza de suas manifestações nos diversos campos de estudos que dialogam entre si com objetivos dos mais variados possíveis, mas que no fim sempre suscitam as mesmas questões que são àquelas relacionadas às nossas origens e o porquê de estarmos aqui e esse ser o nosso lugar no espaço. Como prescrito pelo próprio PCN + de Física, sobre o que o estudante de EM deve saber ao terminar o ensino básico:

[...] uma compreensão cósmica do Universo, das teorias relativas ao seu surgimento e sua evolução, assim como do surgimento da vida, de forma a poder situar a Terra, a vida e o ser humano em suas dimensões espaciais e temporais no Universo. Compreender a Física como parte integrante da cultura contemporânea, identificando sua presença em diferentes âmbitos e setores, como, por exemplo, nas manifestações artísticas ou literárias, em peças de teatro, letras de músicas etc., estando atento à contribuição da ciência para a cultura humana. Finalmente, será indispensável uma compreensão de natureza cosmológica, permitindo ao jovem refletir sobre sua presença e seu “lugar” na história do Universo, tanto no tempo como no espaço, do ponto de vista da ciência. Espera-se que ele, ao final da educação básica, adquira uma compreensão atualizada das hipóteses, modelos e formas de investigação sobre a origem e evolução do Universo em que vive com que sonha e que pretende transformar (BRASIL, 2002, p. 67).

Acreditamos que o documentário de Herzog pode funcionar como um exemplo e um “recorte” para a discussão de um aspecto da física que vai ao encontro dos objetivos e recomendações apontadas pelas propostas curriculares oficiais e pesquisas na área de ensino de ciências com intuito de trabalhar assuntos de FMC em aulas de física do EM.

Nas condições de produção desta atividade que realizamos com o documentário, incluindo o questionário elaborado por nós, tomamos por base alguns trabalhos que discutem a importância de atividades de cunho multidisciplinar em sala de aula. No entanto, a natureza das perguntas feitas aos licenciandos tem como foco as questões de pesquisa deste trabalho. Assim sendo, procuramos investigar os sentidos produzidos pelos licenciandos ao realizarmos atividades com DDC com objetivos de se trabalhar aspectos relacionados à FMC e sua inserção no espaço escolar do EM. O uso de DDC em sala de aula, no âmbito de nossa pesquisa, procurou delinear formas de se inserir conceitos de FMC no EM. Após a leitura, por parte dos licenciandos, de trabalhos que problematizam o uso de DDC e da FMC em sala aula - o que também fez parte das

condições de produção de nossa pesquisa -, procuramos investigar como eles se apropriaram destes trabalhos em suas futuras práticas em sala de aula.

Em outra fala, Breno delinea uma metodologia de como usaria este documentário caso trabalhasse com ele no EM:

***Breno:** Eu gostaria de trabalhar com este documentário. Mas eu trataria do assunto antes sobre o Carbono-14, ai eu passaria o documentário sem mencionar que tem relação com a matéria que foi dada pra ver se eles...*

***Professor:** Você passaria o documentário depois de dar a matéria?*

***Breno:** Depois de dar o assunto sobre o Carbono-14, nem que eu trabalhasse a fundo o assunto, mas primeiro eu iria situar eles nesse tipo de assunto.*

O licenciando seguiria a mesmo cronograma seguido pelo professor. Ou seja, a produção de sentidos aqui é dada como consequência das condições de produção da atividade sobre o documentário. Podemos supor uma *Repetição Formal*: numa situação de ensino no EM, o licenciando repetiria metodologicamente com os seus alunos o que o professor fez com seus licenciandos.

Já, para o licenciando Márcio, passar o documentário antes e trabalhar os conceitos depois seria o mais adequado. Além disso, ele estende os possíveis assuntos de FMC que poderiam ser trabalhados usando o documentário:

***Márcio:** Eu deixaria claro no objetivo não só a relação com o Carbono-14, mas deixaria... Pediria para que eles prestassem atenção em possíveis conceitos relacionados à física. O que eles conseguiriam enxergar da física no documentário?*

***Professor:** Isso seria uma questão que você colocaria antes de passar o documentário?*

***Márcio:** Sim. Logo de início. E ai depois trabalhar o conceito que eles precisariam. Porque assim além do Carbono-14 ele faz citação da luz fria, do laser, então vários conceitos para trabalhar. (grifo nosso)*

Neste caso, o documentário parece ser o catalisador de possíveis assuntos de FMC a serem discutidos. Márcio se mostra preocupado com os possíveis assuntos que poderiam ser trabalhados utilizando o recurso. Antes de passar o documentário, ele coloca uma questão inicial para que os alunos procurem no documentário, elementos que possam associar o assunto à física. Considera que é possível discutir outros tópicos além do Carbono 14, como, por exemplo, luz fria e laser. Ele ressalta a importância de se *procurar* a física existente no documentário, deixando clara a intenção de que usar o documentário como um meio para se inserir assuntos e conceitos relacionados à FMC na aula.

No entanto, o fato de se trabalhar com mais de um assunto de FMC contido no documentário parece ser um problema para outros licenciandos. Breno, por exemplo, coloca da seguinte forma:

***Breno:** Então, era isso que eu ia falar. Será que não são conceitos que não tem ligação entre si? Porque se você fosse trabalhar todos eles não sobraria muito tempo para relacionar com outras disciplinas. Por isso eu pensei em escolher o Carbono-14 para relacionar. A não ser que você dê muitas aulas né... Porque precisaria de muito tempo para falar de todos os conceitos com multidisciplinaridade ficaria algo muito extenso.*

A preocupação expressa pelo licenciando reside no fato de que o trabalho com mais de um assunto de FMC encontrado no documentário impossibilita o trabalho com outras disciplinas, ou seja, um trabalho multidisciplinar. Isso devido ao número reduzido de aulas de física no EM. Atualmente o número de aulas de física na maioria das escolas é apenas duas por semana. Sendo assim, para Breno, se escolhermos trabalhar com mais de um assunto, então, é mais adequado trabalhar apenas a disciplina de física, ou, caso contrário, focamos em apenas um assunto, por exemplo, Carbono 14, e neste caso desenvolvemos um trabalho com outras

disciplinas. Ou seja, o trabalho multidisciplinar está condicionado ao tempo de que dispomos para trabalhar os conceitos que o documentário apresenta por trás de sua narrativa.

O problema do tempo, na visão de Breno é algo bem relevante. Este fator, na visão de Breno, parece impossibilitar atividades de cunho multidisciplinar no EM.

***Breno:** Eu falo, por exemplo, se o aluno nunca estudou laser, carbono-14, são temas não trabalhados no Ensino Médio. E o aluno não sabe como funciona o laser, não sabe como funciona o processo do Carbono-14. Ele vai ter esse tipo de dúvida, só que talvez não dê tempo de você explicar e ensinar todas essas coisas. Eu acho assim que ocuparia muito tempo.*

***Professor:** Então você acha que tá mais relacionado à questão do tempo? É um fator importante?*

***Breno:** A metade do documentário que você passou já ocuparia uma aula completa no ensino Médio. Aí na semana seguinte trabalhar o conceito que eles viram. Ai tem mais conceitos relacionando com outras disciplinas... É muito tempo.*

De fato, pensando no documentário como um recurso que possibilita a inserção de assuntos de FMC no EM reconhecemos que questões de cunho conceitual possuem relevância fundamental. No entanto, o documentário pode ser mais explorado como um recurso de ensino e aprendizagem de ciências. Poderíamos, por exemplo, discutir controvérsias científicas, sociais ou ambientais, ou incentivar os estudantes a fazerem uma leitura crítica do próprio recurso audiovisual. Existem outras possibilidades, além do trabalho com questões conceituais ou com o que Bruzzo (1998) caracteriza como trabalhar com a confirmação do discurso proposto pelo documentário, “[...] os professores reconhecem a prevalência da palavra e transformam a análise do filme em falar sobre o que o filme *falou*, afirmando seu conteúdo”. A questão do tempo mencionado pelo licenciando realmente é um problema nas aulas de física. No entanto, outras estratégias podem ser empregadas, por exemplo, pedindo para os alunos fazerem parte do

trabalho em casa. A licencianda Fernanda, por exemplo, justifica a *perda de tempo* da seguinte forma:

Fernanda: *Eu acho que se é um assunto que o aluno tem interesse, você tem que perder tempo para explicar pra ele.*

Breno: *Acho que essa atividade pode até durar o semestre todo. São apenas duas aulas de Física por semana. Quatro semanas por mês...*

Fernanda: *Pode criar sei lá... Estratégias...*

Quando perguntados se usariam o documentário que assistiram no EM os licenciandos apresentam respostas variadas:

Márcio: *Eu achei a linguagem um pouco chata. Não a linguagem, mas a narração.*

Breno: *É. Eu tinha falado que era sensacionalista.*

Professor: *Porque você falou que acha sensacionalista?*

Breno: *O modo como ele trata as coisas... Querendo impor um sentimento, eu não gostei não.*

Fernanda: *Acho que é igual ao professor falou. Aquela é a área dele, que não é a física, então a narração é diferente.*

Márcio e Breno, cada um com seu argumento, acharam o documentário *chato*. Para Márcio o problema é a narração e para Breno o fato do documentário ser *sensacionalista*. Breno atribui o *sensacionalismo* à imposição de um sentimento por parte do narrador. Como dito no Capítulo 1, os DDC tradicionais, entendidos aqui como aqueles que possuem um estilo de discurso direto da tradição griersoniana, apresentam um estilo objetivo, procurando efeitos de uma possível e única verdade. Geralmente o narrador é um especialista no assunto do documentário e os entrevistados, quase sempre, fornecem informações para corroborar aquilo que já foi dito pela narração do apresentador. Por outro lado, o documentário de Herzog, não procura uma verdade científica, uma vez que abre espaço para a subjetividade e sentimentos diversos do espectador sobre o que representa aquelas pinturas e suas possíveis interpretações.

Possivelmente a fala de Breno está associada aqui à sua memória discursiva, condições sócio-históricas, provenientes de seu contato com os documentários de divulgação científicas tradicionais, ou seja, ele também procurou no documentário alguma *conclusão científica*, ou a solução de um problema no caso relacionado à datação das pinturas.

Quando pensamos em discutir assuntos de FMC no EM por meio de documentários, não estamos apenas pensando em confirmar o que o documentário coloca como discurso prevalente. Os assuntos científicos discutidos no documentário são passíveis de discussões mais abrangentes e controversas. Não foi objetivo da atividade com o documentário de Herzog, nem com os documentários usados nas propostas de minicursos, como veremos na próxima sessão, construirmos apenas uma narrativa, mas também criarmos possibilidades de polissemia entre alunos e professores.

No documentário de Herzog aparecem muitas pinturas rupestres, cuja datação por Carbono 14 indica a idade aproximada de 32.000 anos. Em algumas cenas especialistas explicam o que o homem pré-histórico procurou representar ao pintar as imagens daquela forma e não de outra. Para alguns licenciandos essa explicação era pura especulação, e, às vezes, *sensacionalista* na fala anterior de Breno, por exemplo. De acordo com os licenciandos, era impossível saber o verdadeiro significado daquelas pinturas. Herzog e os especialistas entrevistados elaboram algumas hipóteses, poetizam, dramatizam e filosofam, talvez este seja também um dos motivos prováveis pelos quais o licenciando Breno diz que a narração é *sensacionalista*.

Tendo em conta a relevância de considerar a opinião dos licenciandos e notando essa insatisfação em relação à explicação dada pelos arqueólogos sobre as imagens da caverna, resolvemos fazer algumas perguntas sobre as explicações que os físicos dão sobre as imagens que representam alguns conceitos da física. Estas tiveram como objetivo dar indícios aos licenciandos de que a explicação dada pela física poderia ser tão especulativa quanto as explicações da

arqueologia e, além disso, suscitar a questão da problemática do funcionamento de imagens em movimento quando estas são trabalhadas nos documentários:

***Professor:** Você vê uma imagem, por exemplo, a imagem de um buraco negro. O que você pensa quando você vê a imagem de um buraco negro?*

***Breno:** Num campo gravitacional muito forte que puxa até a luz. Então não tem nem como ter a imagem né...*

***Professor:** Aquela imagem não pode ser considerada real. Ela é uma representação. Isso deve ficar claro para vocês. Quando vocês forem trabalhar com imagens no Ensino Médio vocês devem tomar esse cuidado. A imagem é uma representação do real. Quando você tem uma “foto” de um átomo e o aluno do Ensino Médio vê aquilo, ele pode não estar vendo aquilo como uma representação. Talvez ele vê como uma imagem real. Quando ele vê a imagem de um buraco negro talvez ele também vê aquilo como uma imagem real. Um exemplo clássico disso é a imagem de um buraco negro e uma estrela próxima e o buraco negro puxa a luz da estrela. Aquilo é uma representação. A questão que eu gostaria de discutir é: vocês acreditam que a imagem de buracos negros, átomos, spin, transmitem alguma informação a respeito do que representam? Então, a questão que eu gostaria de discutir é: no caso do documentário, o arqueólogo quando vê aquela imagem pintada na parede, ele vê um tipo de representação. Quando nós olhamos, o que a gente vê? Muito pouco. Construímos outros significados a respeito dela. O que eu queria colocar é: há tanta informação arqueológica e coerência na representação que o arqueólogo faz daquela imagem quanto a representação que nós, como físicos, fazemos quando vemos uma imagem de um buraco negro. Se pararmos para pensar, quando a arqueóloga do documentário descreve a imagem e os possíveis acontecimentos associados a ela, isso carrega tanta “verdade” quanto às informações que retiramos de uma imagem de um buraco negro.*

Esta colocação feita por nós foi com o objetivo de discutir com os licenciandos noções sobre a metodologia de trabalho das áreas específicas da arqueologia e da física e suas características diferenciadas/semelhantes. Numa cena do documentário na qual uma cientista explica um significado da imagem de dois leões sobrepostos, por exemplo, uma licencianda ficou

surpresa e cética sobre o fato da cientista saber tanta coisa sobre a imagem simplesmente olhando para ela. Abaixo segue a imagem e a transcrição do trecho correspondente:

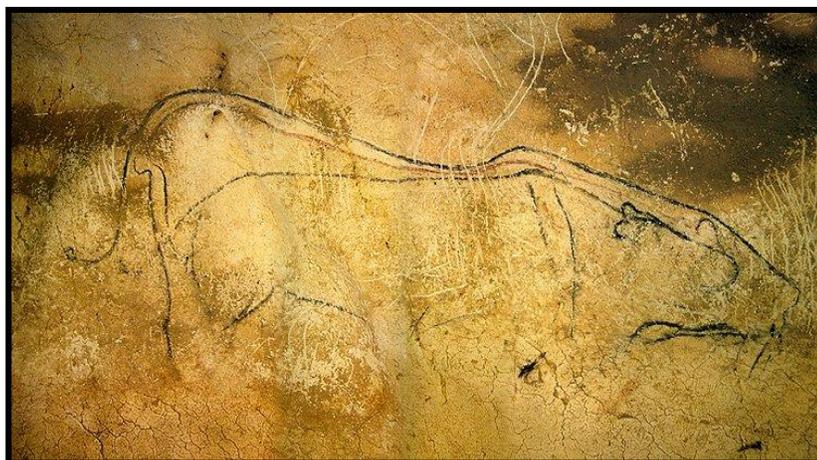


Figura 7. Imagem de um casal de leões. Imagem retirada de um trecho do documentário de Herzog.

E aqui temos uma pintura bastante interessante. Representa um casal, hoje extinto, do leão das cavernas. Aqui, temos o macho, ele está atrás, é o maior. Ele foi feito em uma única pincelada, com mais de 1,8 m de comprimento. Na frente, temos a fêmea. Ela é menor e parece esfregar seu flanco contra o macho. Esta representação do leão das cavernas permitiu-nos esclarecer um mistério, pois arqueozoólogos não sabiam se o leão da caverna tinha juba, como os leões que hoje vivem na África. Esta representação do leão da caverna, com mais de 30 mil anos, mostra que ele não tinha juba. Veja o contorno de sua cabeça, que está claramente delineada. Sem dúvida, é um macho, pois o saco escrotal está aqui, sob a cauda. Este é um dos mais belos painéis da caverna, juntamente com o painel dos leões no outro extremo. Aqui podemos ver a técnica do homem pré-histórico, mas também podemos ver o seu conhecimento apurado do mundo animal. Eles nos contam histórias.

Uma das funções dos DDC quando pensamos em trabalhá-los em sala de aula é promover o despertar da curiosidade dos alunos em pesquisar mais sobre os assuntos tratados. Quando fizemos essa pergunta para os licenciandos a resposta foi unanime:

***Professor:** Vocês acham que esse tipo de atividade que nós fizemos aqui, com documentários [...] despertam a curiosidade por aprender mais sobre aquele*

assunto posteriormente? Vamos supor que você, como professor do Ensino Médio, vá trabalhar o assunto decaimento radioativo. O que você acha que é mais “eficaz” para despertar uma possível curiosidade do aluno, um gosto pelo assunto: você aprofundar matematicamente esse assunto ou falar o assunto parecido com as atividades que nós fizemos aqui?

Fernanda: *Fazendo atividades iguais a essa que fizemos aqui. Quanto menos matemática tiver melhor.*

Breno: *Concordo.*

Márcio: *Eu também.*

É possível que os licenciandos tenham utilizado aqui o mecanismo de antecipação: dizem o que o professor quer ouvir. Entretanto, quando pergunto o porquê de nas escolas os professores fazerem justamente o contrário, ou seja, predomínio da linguagem matemática em detrimento de outras estratégias, eles argumentam:

Fernanda: *É mais cômodo, é mais fácil, sempre foi assim.*

Breno: *Ninguém faz esse tipo de atividade que o professor fez aqui na graduação. Ninguém trabalha isso na graduação. Aí o professor não sabe como fazer com esse tipo de situação. Ele só vê as contas e repete no Ensino Médio.*

Fernanda: *Daí ele vai ter que pesquisar e ter todo aquele trabalho. Vai ter que ir afundo é bem mais cômodo ele passar o que já tá pronto ali no livro.*

A fala dos licenciandos confirma uma realidade existente em muitas escolas e cursos de licenciatura em física: o predomínio de estratégias de ensino e aprendizagem baseadas na linguagem matemática em detrimento de outras. Muita linguagem matemática, muita conta e poucas discussões pautadas em outras visões de ensino e de aprendizagem que poderiam contribuir para outros trabalhos nas aulas de física no EM. Este panorama tem mudado nos últimos anos nas licenciaturas, porém ainda é muito tênue quando analisados em contexto nacional nas escolas. O problema do ensino da física, nas escolas de nível médio, não reside apenas em recursos para trabalhar determinados conteúdos, mas também, é necessária uma mudança paradigmática, onde outras linguagens, como elementos da história e da natureza da

ciência podem ser incorporados nas discussões em sala de aula. O professor da escola básica se vê muitas vezes desarmado para pensar em outras estratégias além das já comumente aceitas e cristalizadas para trabalhar com seus alunos. Como apontado pela licencianda “[...] *é bem mais cômodo ele passar o que já tá pronto ali no livro*”.

Entretanto, assim como elementos da história da ciência e textos de divulgação científica, os documentários de divulgação científica têm potencial para tornar as aulas de física mais interessantes, podendo deslocar o discurso único, em busca de uma única resposta, para o discurso polêmico. Isto permite um ensino mais democrático, onde aluno e professor produzem o conhecimento escolar referente à física, e não apenas reproduzem a metalinguagem própria de sua constituição realizada nos institutos de pesquisa e nas universidades. Quando os licenciandos fizeram parte deste trabalho eles já estavam desenvolvendo seus estágios nas escolas. Larissa já dava aula. Márcio já tinha participado do PIBID. As discussões produzidas sobre o documentário de Herzog possibilitaram produções de sentidos variadas entre licenciandos e professor-pesquisador da disciplina de Práticas do Ensino de Física II, deslocando o próprio significado em relação aos usos de recursos audiovisuais em sala de aula. Alguns aspectos dessa constatação são analisados quando os licenciandos apresentaram a proposta de minicurso no final da disciplina. Estes aspectos foram evidenciados quando notamos a iniciativa dos licenciandos na tentativa de apropriar-se da narrativa contida nos DDC, usados por eles nas propostas de minicurso, com o objetivo de trabalhar assuntos de FMC utilizando-se de abordagens, como História e Filosofia da Ciência (HFC) e Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS).

4.2. Percursos de licenciandos

Nesta seção detalhamos o percurso de licenciandos, analisando as produções de sentidos que aconteceram durante a apresentação do *Plano de Aula* e da proposta de *Minicurso*.

Como detalhado na Seção 3.2, o plano de aula foi apresentado pelos licenciandos na segunda aula do semestre e cada licenciando teve aproximadamente 30 minutos para apresentar. Ele teve como principal objetivo investigar aspectos dos conhecimentos que os licenciandos possuíam, e de que forma estes conhecimentos provenientes das condições de produção sócio-históricas, influenciariam na construção do plano de aula. Pedimos para que eles se apropriassem das abordagens e estratégias de ensino e de aprendizagem já estudadas em outras disciplinas no curso de licenciatura em física. Como dito anteriormente, já tínhamos trabalhado com algumas destas estratégias nas disciplinas de Práticas do Ensino de Física I, Pesquisa e Prática do Ensino de Física em semestres anteriores para os mesmos licenciandos. O plano de aula visava verificar, em linhas gerais, como eles dariam um minicurso para alunos do EM, com os critérios estipulados pelo professor, caso tivessem que fazê-lo naquele momento da disciplina. Os critérios estipulados foram que o tema do plano tinha que ser de algum tópico de Física Moderna e Contemporânea (FMC) e que eles escolhessem algum Documentário de Divulgação Científica (DDC) sobre o tema escolhido. O intuito era investigar de que forma usariam este recurso com o objetivo de inserir assuntos de FMC no EM, porém sem terem estudado formalmente os possíveis usos de recursos audiovisuais em sala de aula.

As aulas compreendidas entre a apresentação do plano de aula e a proposta de minicurso foram dedicadas à leitura de trabalhos sobre as pesquisas de inserção de FMC no EM e sobre documentários e suas relações com a sala de aula (Anexo III). Além disso, como dito anteriormente, nas quatro aulas que antecederam a apresentação da proposta de minicurso, realizamos as atividades com o documentário de Herzog.

A transcrição completa da apresentação do plano de aula e da proposta de minicurso encontram-se no Anexo V e VI respectivamente. Como o critério relacionado à escolha do documentário foi estipulado apenas uma semana antes da apresentação do plano, somente a

licencianda Larissa já tinha escolhido o documentário a ser utilizado no dia da apresentação do plano de aula.

4.2.1. O percurso de Larissa: apresentação do Plano de Aula

O percurso seguido por Larissa constitui-se das duas principais atividades realizadas pelos licenciandos ao longo da disciplina de Práticas do Ensino de Física II: a apresentação do Plano de Aula e a proposta de Minicurso. O tema escolhido para o plano de aula foi *Big Bang e sua relação com o CERN*. Tanto para a apresentação do plano de aula quanto para a apresentação da proposta de Minicurso pedimos para os licenciados que a fizessem em Power Point detalhando os principais tópicos como: objetivos, metodologia, métodos de avaliação e bibliografia utilizada.

Larissa foi a única licencianda que já tinha escolhido o documentário no momento da apresentação do plano de aula. Ela escolheu o da série britânica *Lost Horizons* intitulado *The Big Bang (O Big Bang)*. Esse documentário, produzido em 2008, é apresentado pelo Físico Nuclear Jim Al Khalili. Nele, Khalili narra a história do surgimento da teoria do Big Bang e sua disputa com a teoria do modelo estacionário proposta pelo astrônomo Fred Hoyle. Ao contrário da teoria do Big Bang, que supõe o universo em constante expansão, a teoria do modelo estacionário proposta por Hoyle, supunha um universo estático. No documentário, Khalili apresenta as principais evidências experimentais em favor da teoria do Big Bang e mostra como a teoria se desenvolveu ao longo da última década do século XX. Ao comentar o porquê da escolha do tema Larissa justifica-se:

Larissa: Porque que eu escolhi isso aqui? Às vezes eles não relacionam uma coisa com outra, e às vezes eles perguntam: o que faz o CERN? O que é um acelerador de partículas? Então tem como relacionar isso com o Big Bang.

Professor: Até porque alguns noticiários trazem né, que é a máquina do Big Bang.

Larissa: É. A máquina do Big Bang.

Ao colocar as questões acima, Larissa se refere às possíveis perguntas realizadas por alunos do EM. Ao falar sobre o porquê de usar um documentário, Larissa diz:

Para que haja uma complementação sobre o tema podemos exibir o documentário da BBC, Lost Horizons: The Big Bang, orientando os alunos que anotem dúvidas, questões e detalhes observados por eles. Após a exibição do documentário, discutir e responder as observações anotadas pelos alunos.

O uso da palavra *complementação* sugere que a licencianda já possui um imaginário sobre os possíveis usos dos recursos audiovisuais em sala de aula. Trabalhos como os de Arroio e Giordan (2006) e Ramos (2010), por exemplo, relatam que alguns professores, ao falarem sobre os possíveis usos de recursos audiovisuais em sala de aula, trazem como principal justificativa a ideia de reforço ou complementação de conteúdos já trabalhados da forma tradicional. Além disso, o uso do recurso como complementação ou reforço de conteúdos, dá indícios de que a licencianda, no momento da apresentação do Plano de Aula, partilha da visão de que os recursos e estratégias educacionais têm a função principal de facilitar a aprendizagem de conteúdos científicos. Ela parece promover um espaço aberto para diálogo sobre os conteúdos transmitidos pelo recurso audiovisual quando fala que “[...] após a exibição do documentário, discutir e responder as observações anotadas pelos alunos”.

Quando questionada sobre passar trechos do documentário ou trabalhá-lo integralmente Larissa explica:

Professor: *Você iria passar o documentário completo?*

Larissa: *Sim. Eu achei interessante professor porque tem muita coisa relacionada. Os procedimentos, eu estava pensando em colocar uma questão chave, por exemplo, aqui: Em 1929, Edwin Hubble descobriu que o universo está em constante expansão. Quais relações podemos associar a este fato? Que os alunos sabem sobre isso? Porque no Hubble eles já ouviram falar, eles sabem que tem um telescópio chamado Hubble. Mas o que é isso? Quem que é*

esse cara? Porque que tem esse nome? Então, ouvir o que os alunos têm pra dizer.

Nesta passagem Larissa relata a importância de se passar todo o documentário com o intuito de utilizar integralmente todas as possibilidades do recurso audiovisual. Na primeira aula do semestre discutimos sobre a possibilidade de passar trechos de documentário ou o documentário completo com relação ao tempo disponível para realizar as atividades. Os licenciandos argumentaram que, dependendo do documentário, seria difícil passá-lo por inteiro dado que as escolas possuem somente duas aulas de física por semana. Além disso, eles argumentaram que, pelo fato de terem que cumprir o currículo do Estado de São Paulo, às vezes não sobraria tempo para trabalhar todo o documentário.

Apesar de usar a palavra *complementação* para se referenciar ao porquê de se usar o documentário, em outra citação, Larissa parece pensar o uso do recurso audiovisual além da visão ingênua de uma simples complementação de conteúdo. As questões suscitadas pela licencianda para trabalhar com possíveis alunos do Ensino Médio vão além da simples complementação ou reforço de conteúdo. Na citação acima, ela opta por mostrar aos alunos as possíveis relações entre o telescópio espacial Hubble e o próprio astrônomo, ou seja, porque o telescópio recebeu esse nome. Esses tipos de questões são fundamentais se pensamos em trabalhar no EM com atividades relacionadas à divulgação científica em sala de aula. Larissa demonstra uma preocupação em trabalhar com questões que fogem ao paradigma da aula tradicional, pois, busca trazer para o ambiente da sala de aula os conhecimentos adquiridos pelos alunos fora deste ambiente. O recurso audiovisual aqui é usado como instrumento que tem a potencialidade de trazer o debate destas questões para a sala de aula, possivelmente propiciando o deslocamento do discurso autoritário para o discurso polêmico.

Ao falar sobre as expectativas com relação aos estudantes ao final da atividade, a licencianda aponta que:

Larissa: Espera-se que os alunos possam ter um conhecimento sobre o que é a teoria do Big Bang e saber um pouco mais sobre os experimentos realizados no LHC. Que as discussões possam aumentar o senso crítico dos alunos, onde este se sinta encorajado a falar sobre suas opiniões e crenças. Que a atividade desperte a curiosidade dos alunos a aprender mais sobre Cosmologia e incentive a leitura por matérias de divulgação científica.

Aqui a licencianda deixa claro seu objetivo ao realizar esse tipo de atividade em sala de aula. A estratégia da licencianda em usar o DDC parece ir ao encontro do que se procura numa atividade em sala de aula na qual se busca a promoção do discurso polêmico, pois, como apontado por Orlandi (1987):

Da parte do aluno, uma maneira de instaurar o polêmico é exercer sua capacidade de discordância, isto é, não aceitar aquilo que o texto propõe e o garante em seu valor social: é a capacidade do aluno de se constituir ouvinte e se construir como autor na dinâmica da interlocução, recusando tanto a fixidez do dito como a fixação de seu valor como ouvinte. Ou seja, é próprio do discurso autoritário fixar o ouvinte na posição de ouvinte e o locutor na posição de locutor. Negar isso não é negar a possibilidade de ser ouvinte, é não aceitar a estagnação nesse papel, nessa posição (ORLANDI, 1987, p. 26).

A mediação do professor é fundamental nesse tipo de atividade para problematizar e fomentar a discussão entre os alunos, pois, ainda de acordo com Orlandi (1987):

Do ponto de vista do autor (professor) uma maneira de se colocar de forma polêmica é construir seu texto, seu discurso, de maneira a expor-se a efeitos de sentidos possíveis, é deixar espaço para a existência do ouvinte como “sujeito”. Isto é, é deixar vago um espaço para o outro (ouvinte) dentro do discurso e construir a própria possibilidade de ele mesmo (locutor) se colocar como ouvinte (ORLANDI, 1987, p. 26).

Larissa enfatiza que os alunos saibam relacionar a teoria do Big Bang com os experimentos que são realizados no LHC (Large Hadron Collider). Provavelmente isso se deve

ao fato de que naquele momento estava sendo muito discutida na mídia televisiva a possível detecção do bóson de Higgs no LHC.

Na disciplina de Práticas do Ensino de Física I, ministrada no semestre anterior, já tínhamos trabalhado com os licenciandos, sobre um documentário da BBC chamado *The big bang machine (A máquina do big bang)* produzido em 2008. Este documentário, assim como outras notícias da mídia televisiva, internet e revistas de divulgação científica da época, contêm termos não próprios da metalinguagem formal da ciência, mas que associam a teoria do Big Bang ao LHC. Por exemplo, o seguinte título encontrado em uma matéria saída no portal G1 em 03/02/2010: “‘Máquina do Big Bang’ será religada para encontrar origem do universo”. Ou, outra matéria no portal da Veja digital: “Máquina do ‘Big Bang’ começa a funcionar novamente”, associa o acelerador de partículas à simulação da origem do universo. Nas expectativas colocadas por Larissa, é importante que os estudantes saibam a relação existente entre o LHC e a teoria do Big Bang. Como dito anteriormente, a licencianda salienta a importância dos alunos expressarem suas *opiniões e crenças* nas discussões que se seguirão à passagem do documentário, mostrando que o recurso audiovisual tem a potencialidade de promover um discurso polêmico em sala de aula.

Daqui podemos perceber a importância do professor na mediação da produção de sentidos. Como afirma Almeida (2012):

Poderíamos falar de muitos outros recursos didáticos pensando em suas possibilidades de uso em situações escolares compatíveis com discursos pedagógicos polêmicos. Entretanto, lembramos aqui que qualquer recurso é apenas um recurso, com determinados potenciais. Seu uso depende de como é organizada a aula pelos professores formadores de formadores ou pelos professores do ensino básico. Estes, além de direcionarem a natureza das

atividades propostas com o uso dos recursos disponíveis, são os mediadores da circulação dos discursos na sala de aula (ALMEIDA, 2012, p. 38).

Um aspecto importante salientado por Larissa, que é uma das funções associada ao uso de leitura de divulgação científica em sala de aula, seja de textos ou documentários, é motivar os alunos a procurarem aprender mais sobre o assunto.

No início da apresentação do plano de aula, Larissa comenta sobre os conteúdos que serão trabalhados no minicurso e faz referência sobre as competências e habilidades que gostaria que os alunos desenvolvessem ao longo deste:

Larissa: Conteúdos: a teoria do Big Bang, Edwin Hubble, Matéria Escura, Partículas Elementares e LHC. Professor eu fiz isso aqui por que eu acho que é interessante e o livro do Quanta Física faz. Então, quando você vai dar uma atividade, principalmente quando você vai ser avaliado pelo Saresp e eles pedem para você ver quais são as competências e habilidades que aquela questão tá envolvida, então eu fiz isso de frescura, mas, eu acho que é legal e outra eu achei isso aqui no livro do Pietrocola.

Logo em seguida ela lê no slide as competências e habilidades retiradas do livro do Pietrocola (2010, p. 11):

Larissa: C5 – entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagens e representação usadas nas ciências físicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

C6 – Apropriar-se de conhecimentos da Física, para em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

Pelas duas passagens anteriores percebemos que Larissa mostra uma preocupação em justificar os procedimentos e conteúdos que serão trabalhados na proposta de minicurso

relacionando-os a cobranças advindas de exames, nesse caso o estadual, o Sistema de Avaliação de Rendimento Escolar do Estado de São Paulo (SARESP).

Além do documentário, Larissa propõe trazer para a sua proposta revistas de divulgação científica. Porém, coloca algumas ressalvas:

Larissa: Tem várias matérias da Scientific American, da Galileu. Assim, tem gente que é contra algumas revistas, por exemplo, a Galileu, Super Interessante, mas eu acho assim, se ele tá divulgando nem tudo que tá escrito lá é errado, é mentira...

Professor: Mesmo que seja errado, é bom você trabalhar na sala de aula o erro...

Larissa: Sim. Para eles poderem discutir...

Professor: Exatamente. Sempre que você faz uma crítica com relação à revista, essa crítica depende de como você vai usar a revista. Se você for usar a revista justamente para discutir em sala de aula alguns pontos, alguns conceitos que foram colocados incorretamente, por exemplo, isso é ótimo.

O papel desempenhado pela leitura das representações imagéticas produzidas nos documentários é lembrado pela licencianda. E aqui identificamos a importância de discutir a produção de sentidos pelas imagens na formação inicial de professores:

Larissa: É imprescindível que você tem que colocar muita imagem. O aluno precisa de muita imagem. Em todas as matérias que eu procurei e li, todas elas faz relação com LHC, faz relação com matéria escura, energia escura, e na hora que eu vi o documentário toda vez que ele relacionava matéria escura ele colocava um fluido preto mexendo, daí eu fiquei pensando: será que isso mexe com a cabeça do aluno? Por que matéria escura e energia escura não se sabem a forma, não sabem como é. Ai que eu pensei: isso ai vai dar uma concepção alternativa para o aluno que matéria escura é um fluido, e na verdade não é... Então da pra gente discutir isso também.

Aqui Larissa coloca em questão um aspecto pouco discutido nas aulas de física do EM que é a produção de sentidos pelas imagens, principalmente as imagens em movimento. As

imagens desempenham um importante papel no ensino de Ciências, pois participam na constituição das ideias científicas, conceituando e explicando estas (MARTINS et al, 2005). No entanto, as imagens, por si só, não explicam, elas produzem/reproduzem sentidos que vão depender em grande parte das condições imediatas de sua utilização e das condições sócio-históricas constituintes de cada indivíduo que empreende uma leitura imagética. Os sentidos não estão nas imagens. Sua interpretação é constitutiva do interdiscurso, da memória discursiva (SILVA et al, 2006).

Nos documentários que usamos em nossa pesquisa, as imagens são seguidas da narração de um apresentador, direcionando a produção de sentidos da mesma. Em alguns casos, esta narração não produz um sentido de explicação da imagem, mas do conteúdo que esta pretende *transmitir*. Sendo assim, o professor pode intervir na constituição de sentidos proposta pela narrativa do recurso audiovisual, empreendendo assim, uma discussão sobre o próprio modelo de explicação de determinado fenômeno físico. Como assinala a fala de Larissa, a forma como determinado documentário produz imagens que representam *buracos negros*, *matéria escura* e *energia escura*, podem contribuir para a produção de uma *concepção alternativa* no aluno, pois como ela mesma acrescenta em outro trecho de sua fala:

Larissa: Uma vez uma menina me perguntou se o buraco negro tinha um funil. Ela falou assim: aquele funil lá leva pra onde professora? É igual ao triangulo das bermudas?

Durante a apresentação, a licencianda expõe uma crítica sobre o modelo de ensino tradicional da física baseado integralmente na linguagem matemática:

Larissa: Eu acho assim, eles não precisam saber a fórmula. Eu acho que quando você ta preparando o minicurso depende também do que você ta querendo tratar. Nesse caso é muito mais interessante ele saber o que é a

expansão do universo, que o universo está se expandindo, do que ele calcular o tempo em que o universo está aí.

Muitos pesquisadores na área de ensino de ciências discutem o papel do ensino da disciplina de física no EM. Parece ser unanime a crítica fundamentada ao modelo de ensino tradicional, baseado unicamente em resolução de problemas e exercícios numéricos. Na passagem acima a licencianda mostra que possui um conhecimento da problemática, seja por meio das condições de produção imediatas propostas na disciplina de Práticas de Ensino de Física II, ou mesmo através de outras disciplinas de semestres anteriores como Pesquisa e Prática do Ensino de Física e Práticas de Ensino de Física I e possivelmente ainda outras, ou mesmo leituras e/ou aulas anteriores à licenciatura. Ao selecionar as leituras destas disciplinas pensamos em leituras que mostrassem para os licenciandos a importância de se procurar estratégias diferenciadas para se trabalhar a disciplina de física do EM. Larissa aponta a preocupação com este tema no trecho abaixo:

Larissa: Que essa atividade possa despertar a curiosidade dos alunos; Que incentive a leitura por matérias de divulgação científica. Porque na escola onde eu dou aula tem uma biblioteca que ta sempre vazia, e lá tem livros do Galileu, tem Scientific American, tem livros de Astronomia ta sempre lá, mas ta sempre vazia.

Dois aspectos importantes podem ser inferidos desta passagem da licencianda e professora da escola básica: o primeiro é o problema da leitura nas escolas básicas, principalmente a leitura de revistas de divulgação científica nas disciplinas científicas. O segundo é a aparente falta de material audiovisual nas bibliotecas das escolas básicas, pois é dada ênfase nos materiais impressos em detrimento dos materiais audiovisuais. Provavelmente isso se deve ainda às dificuldades inerentes a obtenção dos materiais audiovisuais.

4.2.2. O percurso de Larissa: a proposta de Minicurso

Larissa foi a primeira licencianda a apresentar a proposta de minicurso. Na apresentação do Plano de Aula, no início da disciplina de Práticas do Ensino de Física II, a temática escolhida por ela tinha sido a teoria do Big Bang. No entanto, na apresentação da proposta de minicurso, a licencianda mudou a temática optando por discutir a questão das pesquisas relacionadas à vida fora da terra. O documentário escolhido por ela foi *Are we alone in universe? (Estamos sozinhos no universo?)*, produzido pelo canal britânico BBC Two em 2008. Ele trata do assunto sobre a possibilidade de existência de vida fora da terra.

O documentário mostra os principais laboratórios do mundo que realizam pesquisa nesta área e faz um pequeno histórico de como se desenvolveu a área de pesquisa sobre a vida extraterrestre no século XX. Entrevista alguns cientistas importantes que descobriram planetas fora do nosso sistema solar nas últimas décadas e o seus esforços na tentativa de determinar a composição química e física destes planetas. Entrevista também o cientista americano Frank Drake responsável pela equação que leva seu nome e um dos fundadores, junto com Carl Sagan, do SETI (Search for Extraterrestrial Intelligence), instituição que tem por objetivo a pesquisa na busca de vida fora da terra. Além disso, o documentário faz também referência às contribuições da FMC, particularmente, às técnicas modernas de análise de espectros, na descoberta de dezenas de planetas fora do sistema solar antes não detectáveis por outros métodos. De acordo com Horvath (2008, p. 199), estas técnicas permitem “[...] determinar a massa do planeta que não é detectado diretamente” e “[...] têm permitido identificar mais de 120 planetas em torno de estrelas a distâncias de até uns $30 pc^5$ do Sistema Solar”.

⁵ Medida de distância astronômica chamada Parsec e abreviada por *pc*. $1 pc = 30,857.10^{12} km$.

No início da apresentação Larissa apresentou uma aula expositiva de aproximadamente 20 minutos sobre o tema da proposta e o porquê da escolha do tema, assistimos o documentário e começamos os diálogos sobre o mesmo. Logo no início, os diálogos produzem divergências quanto ao fato de os licenciandos acreditarem ou não na existência de vida fora da terra:

Larissa: [...] Vocês já viram um Ovni? Vida inteligente fora da terra. Vocês acreditam ou não?

Larissa: Você acredita professor?

Professor: Eu acredito.

Larissa: E vocês?

Breno: Eu não acredito.

Larissa: Porque não Breno?

Breno: Se não já teriam feito contato já teríamos outros vestígios...

Larissa: E então Breno e se eles não quiserem estabelecer contato. E se eles acharem que a gente é perigosa. Você já viu aquele filme Planeta 51?

Breno: Como que é?

Larissa: Vai um astronauta e se perde no espaço e daí ele cai num planeta onde todo mundo é verde e só ele que é branco porque ele é americano, ai eles dizem “Nossa é um ET... Não sei o que lá”. Ta vendo, pode ser que eles vejam a gente como o perigo...

Breno: Mas é a mesma coisa. Bom eu acho assim se tem vida não é inteligente.

Larissa: Você vai mudar heim...

Licenciandos e professor dialogam sobre a existência ou não de vida fora da terra. Um ponto interessante a ser destacado é que Larissa já expressa aqui sua opinião, pois, no final do dialogo ela coloca: *Você vai mudar heim...* O assunto sobre a existência de vida fora da terra é bastante controverso. Ele inclui, por exemplo, motivações religiosas e ideológicas que são condições sócio-históricas produzidas fora do ambiente escolar. Além disso, no documentário usado por Larissa, é observada uma narrativa favorável à continuação das pesquisas relacionadas

à existência ou não de vida fora da terra. Neste sentido, o tipo de divulgação científica veiculada por ele se aproxima de uma abordagem com o intuito de conseguir apoio da sociedade em prol da continuação do tipo de pesquisa realizada pelos pesquisadores que são entrevistados no documentário.

Um dos argumentos científicos muito usados quando se pensa em iniciar um debate sobre a existência de vida fora da terra, envolve a questão das dimensões dos constituintes do universo. Como apontado por Horvath (2008):

Sabemos que existem no universo visível aproximadamente 2 bilhões de galáxias. Ao supor que todas as galáxias são similares à nossa, admitimos que cada uma delas contém 100 bilhões de estrelas, a maioria delas do tipo solar ou menos massivas. Se cada estrela abrigasse pelos menos um planeta como o nosso, poderia haver 10^{20} “Terras”, ou planetas rochosos com possibilidades de abrigar algum tipo de vida. Estes números são muito grosseiros, mas servem para abordar a partir de uma perspectiva científica o problema de existência de vida extraterrestre (ET) (HORVATH, 2008, p. 194).

Temáticas dessa natureza, envolvendo controvérsias científicas, onde o caráter da não neutralidade da ciência e dos cientistas é posta em cheque, pode dar grande contribuições para discussões em sala de aula. De acordo com Ramos e Silva (2006):

De qualquer modo, é importante destacar que há um “algo mais” no envolvimento dos especialistas (técnicos e cientistas) em questões controversas que vai além da oferta de um “conhecimento verdadeiro” que possa confirmar ou descartar uma hipótese ou trazer um final às questões. E, nesse sentido, alguns estudos de caso provenientes dos estudos de controvérsia podem ser importantes, se conduzidos à sala de aula: demonstrando o quão efêmeras, mutáveis, incompletas podem ser as certezas dos conhecimentos científicos (como todas as outras certezas) e que, de qualquer forma, influenciarão de maneira significativa o modo como julgaremos todos esses conhecimentos na hora de definir nossas ações perante a vida. (RAMOS; SILVA, 2007, p. 6).

Numa perspectiva de aula onde gostaríamos de promover um discurso polêmico, o assunto escolhido pela licencianda, pode ser um excelente tema. Poderíamos considerar argumentos científicos, tanto favoráveis quanto contra a possibilidade de vida extraterrestre. Um dos argumentos a favor poderia ser o dado por Horvath na citação acima. Ou seja, muitas galáxias, muitas estrelas e conseqüentemente muitos planetas que têm as características de serem “habitáveis”. Em favor disso, estão as contribuições que a FMC proporcionou à Astronomia no século XX, elucidando questões para os estudantes pesquisarem, por exemplo, como os cientistas fazem para determinar os parâmetros de alguns planetas encontrados fora do sistema solar como sua massa, composição química e física, a existência ou não de água no estado líquido etc.

Ou, caso contrário, se o posicionamento é contra a existência de vida inteligente fora da terra, poderíamos usar o argumento usado pelo físico Enrico Fermi (1901 - 1954) na década de 50 do século XX. O tempo que uma civilização leva para se desenvolver e viajar pela galáxia é muito menor que o tempo disponível para a evolução dos planetas e as estrelas das galáxias. Assim, se houve condições da terra ter desenvolvido vida há mais de 3 bilhões de anos, e isto é similar ao que aconteceu em muitos outros planetas e acontece ainda hoje, deveríamos ter recebido a visita de ETs há muito tempo atrás. Como isto não é observado, onde estão eles? (HORVATH, 2008)

De qualquer forma, este é um assunto que pode ser trabalhado sob o viés de controvérsias científicas em sala de aula. Como apontado por Ramos e Silva (2007):

O acesso às argumentações produzidas por cientistas em situações de divergência e conflitos no processo de produção de conhecimentos pode significar uma importante contribuição desses estudos para o ensino de ciências (RAMOS; SILVA, 2007, p. 3).

Durante a passagem do documentário a licencianda dá uma pausa e tenta justificar determinado ponto que ela considera interessante:

***Larissa:** Essa parte é interessante. Por qual motivo eles estudam 80 estrelas e eles estão procurando aquelas estrelas que vibram. Quantas estrelas eles falam, assim 200 bilhões de estrelas, então é como procurar uma agulha no palheiro tirando uma palhinha de vez, ou seja, é muito difícil, por isso como você falou Breno que eles não teriam ainda estabelecido contato, por causa do grau de dificuldade que eles têm.*

***Breno:** Levando em consideração o tipo de análise que eles estão fazendo, eles estão procurando vida parecida com a nossa... Porque o tipo de estrela que eles procuram.*

***Larissa:** Sim. Porque a gente tem vários tipos de estrelas, por exemplo, o Sol. A gente tem vida na Terra porque o Sol não é de primeira geração, ele já é de uma segunda geração, antes do Sol já teve uma estrela que ela morreu e explodiu e voltou tudo aquilo se organizou o Sol começou a queimar de novo ai formou os planetas por isso... E de todos aqueles outros planetas, pode ser que ainda tenha uma estrela primaria ainda... Os elementos químicos dela ainda não são, por exemplo, nós temos a tabela periódica, todos aqueles elementos partiram do Hidrogênio que é a fusão nuclear. Hidrogênio com Hidrogênio dá Hélio, Hélio com Hélio dá o próximo e assim por diante. Pode ser que os outros planetas eles não sejam mais de primeira ordem né... Como pode ser que sejam de segunda. Mas o que eles estão procurando pode ser que tenha uma estrela que ela não tem planeta que ela é sozinha. E que eles tão procurando, você viu que, por exemplo, tem a força gravitacional na terra e aquilo lá faz uma vibração na estrela e é aquilo que eles tão procurando. Estrelas que vibram, que a partir daí eles podem julgar se tem planetas. E a partir daí tem a parte mais difícil. Pode ser que você tem o sol e tenha vários planetas em volta. O que faz a terra de diferente de Saturno e diferente de Marte? A distância. Por exemplo, temos Vênus muito próximo, temos a Terra e temos Marte, aqui é muito quente, não da pra viver aqui mas aqui pode ta muito frio tem água congelada eles descobriram lá... Mas não tem vida igual na terra, ou seja, alem disso além deles acharem o planeta eles tem que achar um planeta que esteja na zona que*

eles chamam de habitável, mas isso que eles tão julgando que vida parecida com a nossa.

De modo geral, no diálogo acima, a licencianda explica como é a metodologia usada pelos astrônomos para investigar a existência de vida fora da terra. Nesta metodologia estão contidos muitos assuntos que podem ser usados para introduzir conceitos de FMC, como por exemplo, o método utilizado para saber a composição química das estrelas e os processos de fusão nuclear ocorrido no interior das estrelas para a geração de energia. Poderíamos também usar a equação de Einstein para calcular a energia liberada neste processo.

No documentário é explicado o significado da equação de Drake. Esta equação foi desenvolvida na década de 60 do século XX por Frank Drake, cujo propósito principal era estimar a probabilidade de estabelecer comunicação com alguma civilização extraterrestre existente em nossa galáxia. Larissa apresenta uma forma interessante de se trabalhar com essa equação em sala ao pedir para que os licenciandos propusessem valores numéricos para os termos da equação:

Larissa: [...] Equação de Drake. Então eu fiz aqui um negócio... Que tanto no filme como no artigo ele fala assim que você pode com a equação de Drake você pode ser pessimista e ao mesmo tempo otimista depende dos dados que você coloca. Para isso, vamos lá eu coloquei esses dados gente na equação de Drake só pra mostrar, eu já vou apagar. Esses dados aqui foi eu que chutei ta gente. Por exemplo, se l é a taxa de formação de estrelas semelhantes ao sol, tanto no texto quanto no documentário ele fala... No artigo ele fala ele já sabe qual é esse numero, quantas estrelas na nossa Galáxia se formam parecidas com o sol aqui ele fala que é de 6 a 10...

Breno: No documentário ele fala que é 20

Larissa: Na opinião de vocês.

Breno: Faz uma média.

Larissa: Faz uma média? Pode ser 15? Pode ser?

Neste sentido, o uso do documentário pode ter como objetivo problematizar a temática podendo contribuir para a participação mais efetiva dos estudantes. Esta equação é interessante, pois, sendo uma equação aproximada e hipotética, contribui para que os estudantes percebam que a ciência e mesmo a matemática, em algumas áreas, produz apenas valores aproximados, contribuindo para desmistificar a visão de ciência como verdade absoluta.

4.2.3. O percurso de Fernanda: apresentação do Plano de Aula

A apresentação do Plano de Aula pela licencianda Fernanda seguiu-se após a da Larissa. Todos os Planos de Aula foram apresentados no mesmo dia. O tema escolhido por Fernanda foi *Laser e suas aplicações tecnológicas*.

Logo no início de sua apresentação Fernanda historiciza o seu dizer ao falar da importância de se trabalhar com assuntos de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (EM):

Fernanda: Como aprendemos ao ensinar física, e também aqui na Universidade nas disciplinas de Práticas Pedagógicas, que é sempre importante levar a Física Moderna e também relacionar aos produtos científico-tecnológicos do cotidiano do aluno. Porque não adianta nada ficar passando só a Física Clássica. E o que o mundo ta vivenciando? Então eu acho muito importante isso.

Tanto na disciplina de Práticas do Ensino de Física II quanto na I, realizamos leituras de artigos sobre a problemática do ensino e aprendizagem de conceitos da FMC no EM. No entanto, a licencianda opta por apresentar diversas estratégias de ensino e aprendizagem ao mesmo tempo, o que para um minicurso cuja duração é de duas aulas de 50 minutos seria impraticável. A fala abaixo aponta de que forma a licencianda pretende trabalhar o assunto laser em sua proposta de minicurso:

***Fernanda:** Interpretar através da história da ciência a importância do laser e sua influência nas diversas aplicações. Identificar a relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, relacionando o raio laser com outras descobertas presentes na História da Ciência: como a radioatividade, os supercondutores, a eletricidade, analisando os impactos sociais produzidos, assim como, seus efeitos no estilo de vida das pessoas. Reconhecer que o simples uso de um laser permite a visualização de um dado efeito como função de vários parâmetros, facilitando o aprendizado. Então eu procurei utilizar um pouco de História da Ciência para reconhecer como surgiu o laser, porque é um dispositivo que tem só meio século e a implicação que ele tem em tudo na ciência e na tecnologia e também o impacto que ele traz para a sociedade. Para os Conteúdos de Ensino eu trabalharia: Um pouco da história do laser; Funcionamento do laser; Tipos de laser; Aplicações do laser no dia-a-dia. Daí seriam duas aulas. Eu acho que seria suficiente pra tudo isso. Abordagem metodológica dos conteúdos. Atividade experimental do livro Física em Contextos (PIETROCOLA et al, 2010, v. 3, p. 450). Eu pensei inicialmente trabalhar com uma atividade experimental que tem no livro Física em Contextos. A atividade é comparar o laser com uma lanterna, afim de que o aluno investigue qual a diferença... Porque acontece isso... Para ele fazer observação... Ele investigar o laser. História da Ciência. Como surgiu... Primeiro tinha o maser como surgiu e tudo mais. Ciência, Tecnologia e Sociedade. Depois através da aula expositiva, colocar o seu funcionamento, as aplicações e também o seu impacto na ciência e tecnologia e sociedade. Simulador do PhEt – Lasers. E também usar um simulador do PhEt que fala sobre o laser a fim de que o aluno comprove o seu funcionamento e conheça os componentes do laser (grifo nosso).*

A licencianda fala em usar as estratégias/abordagens de ensino e aprendizagem: História da Ciência, Experimentação, Objetos Virtuais de Aprendizagem, Ciência, Tecnologia e Sociedade. Todas estas abordagens/estratégias fazem parte de sua memória discursiva (interdiscurso) proveniente de leituras realizadas em outras disciplinas de Práticas de sua licenciatura. Nas disciplinas anteriores que o autor deste trabalho ministrou para os licenciandos participantes desta pesquisa, sempre procuramos mostrar a importância do uso destas abordagens

de ensino e aprendizagem em sala de aula na disciplina de Física do EM. Possivelmente, a licencianda faz uso aqui do mecanismo de antecipação, uma vez que, assim como o professor da disciplina, a licencianda pode considerar importante trabalhar com estas abordagens, mas também, pode ser que só esteja querendo agradar o professor. No entanto, dado o tempo disponível para desenvolver a atividade, como assinalado pela própria licencianda no trecho em negrito, o mais adequado seria a opção por apenas um tipo de abordagem.

Também chama a atenção o fato dela ter logo no início dado exemplos que falam de conteúdos de FMC, mas também da Física Clássica.

4.2.4. O percurso de Fernanda: a proposta de Minicurso

Como dito no Capítulo 3, Seção 3.2.4 a licencianda Fernanda escolheu para a apresentação da proposta de minicurso o documentário *How Science changed our world (Como a ciência mudou o mundo, BBC, 2010)*. O título escolhido por ela para a proposta de minicurso foi *Física Moderna – aplicações tecnológicas*. O título sugere que a licencianda pretende trabalhar com seus supostos alunos do EM algumas aplicações tecnológicas da FMC. A palavra *Contemporânea* é acrescentada aqui, pois as aplicações tecnológicas apresentadas no documentário são aquelas que foram feitas na segunda metade do século XX. A duração da proposta de minicurso foi de aproximadamente 1 hora 40 min.

Após assistirmos o documentário, a licencianda faz a seguinte pergunta para a sala, obtendo a seguinte resposta de Breno:

Fernanda: *O que vocês acharam do vídeo?*

Breno: *Eu achei que iria falar um pouco mais sobre a parte científica de cada uma das descobertas. Explicar como elas funcionam e não o que elas podem fazer.*

A fala de Breno nesta passagem tem semelhanças com a que foi analisada na atividade com o documentário de Herzog. Lá ele aponta que o documentário da caverna não explica a técnica do carbono 14, o seu processo de utilização para medir a datação das pinturas. Aqui o licenciando explicita a falta da *parte científica* das descobertas, pois o documentário dá ênfase somente no que *elas podem fazer*. Portanto, acreditamos que, no imaginário do licenciando, o Documentário de Divulgação Científica (DDC) se materializa como um discurso cujo principal funcionamento seria o de explicar conceitos da ciência ou, possivelmente, procedimentos de como se chegou a determinado resultado. Neste sentido, o licenciando parece limitar o uso do documentário em sala de aula, pois na sua visão este parece se assemelhar aos propósitos e objetivos de uma videoaula. No entanto, o licenciando considera importante trabalhar, além dos conhecimentos científicos, o processo pelo qual se chegou a estes conhecimentos. Neste caso, alguns DDC que se aproximam mais da narrativa histórica como, por exemplo, o usado por Márcio em sua proposta de minicurso, *Einstein e sua equação de vida e morte*, podem ser mais adequado, na visão de Breno, para trabalhar os processos de construção da ciência.

Cabe salientar que devido à mudança do calendário acadêmico naquele momento, por causa da greve das universidades federais, o licenciando Breno não apresentou a proposta de minicurso por motivo de viagem. Acreditamos que a preparação para apresentar a proposta, com as leituras sugeridas pelo professor, e o processo de reflexão na escolha do documentário a ser usado, e como usá-lo na proposta, teria contribuído para que ele ampliasse seu imaginário sobre as possíveis relações do documentário e a sala de aula.

Entretanto, se o objetivo é reforçar um conteúdo, a videoaula também pode ser considerada como um recurso importante para a sala de aula, pois entre outros aspectos, contribui

para introduzir um assunto novo, despertar a curiosidade e motivar os alunos para aprender novas temáticas. No entanto, como apontado por Arroio e Giordan (2006, p. 9):

O videoaula, que é uma modalidade de exposição de conteúdos de forma sistematizada, merece uma atenção especial. Essa modalidade, que congrega a maioria dos denominados vídeos didáticos ou educativos, segundo Moran (1991), pode se tornar cansativo e pouco produtivo, na medida em que o professor limita a organização da aula pela exposição dos conteúdos por meio do vídeo, em detrimento de outras formas de interação nas quais os alunos desempenhem papéis mais ativos.

Quando fazemos uma crítica ao modelo de aula de física mais usual, baseada unicamente na utilização da linguagem matemática para explicar os conceitos da Física, não queremos dizer que a extinção da matemática é a solução para os problemas do ensino de física. Compreendemos que a física, vista como produção de conhecimento, utiliza-se de linguagem matemática, assim como da filosófica e da parte experimental, por exemplo. Assim sendo, é importante que os estudantes do EM saibam as variadas formas nas quais se produz o conhecimento físico, entre elas a linguagem matemática. Neste sentido, baseado em trabalhos que pesquisam a inserção de FMC no EM, acreditamos que a utilização de DDC com este objetivo, vai além dos propósitos de motivação, ilustração ou reforço de conteúdos. Como exemplificado na atividade realizada com o documentário da caverna os diálogos produzidos pelos licenciandos vão além da explicação de conceitos usando a metalinguagem específica da física. Além do tema científico principal discutido, que foi a técnica do carbono 14, surgiram discussões de vários tipos contribuindo para a compreensão da física como parte da cultura, assim como outras áreas do conhecimento, como arte, história e filosofia, por exemplo.

No documentário escolhido por Fernanda o Professor Robert Winston, médico e cientista de formação, apresenta o que, de acordo com ele, foram as dez maiores descobertas

científicas da segunda metade do século XX e os seus respectivos impactos sobre a sociedade. Entre elas estão: Microchip, Internet, Projeto Genoma Humano, Laser, Teoria do Big Bang e Ressonância Magnética. Como dito no Capítulo 3, este tipo de documentário, ao se aproximar mais do modelo contextualista de divulgação científica, abre um espaço para a participação do espectador, pois no final ele indica um site da BBC One para que o espectador vote a descoberta que ele considera mais importante dentre as que foram apresentadas e, após um período de votação, o site abriu um espaço para discussão sobre o resultado da votação. O próprio apresentador Robert Winston expressa sua opinião no final do documentário sobre qual descoberta ele considera mais importante. Como apontado pela própria licencianda, sobre a opinião de Winston:

***Fernanda:** [...] eu vi no Wikipédia falando do documentário... Daí em primeiro lugar esta o microchip. E para o apresentador ele escolheu a Teoria do Big Bang.*

***Larissa:** nossa o Big Bang! Eu pensei que ele não ia gostar do Big Bang. Porque ele falou que essa teoria é tão inútil.*

***Breno:** Eu acho que ele tinha entrevistado o cara antes. Ele não ia contar isso na cara do cara.*

***Larissa:** é eu também acho que sim.*

A surpresa dos licenciandos com relação à escolha da teoria do Big Bang como a mais importante se deve provavelmente ao fato de que durante o documentário o apresentador faz sérias críticas à teoria, chamando-a inclusive de *inútil* durante uma entrevista com o astrônomo Alex Filippenko, professor na Universidade de Berkeley, e um dos mais importantes pesquisadores da teoria do Big Bang. No entanto, no final do documentário, ele vota na teoria do Big Bang como a descoberta que considera mais importante.

O tema escolhido pela licencianda para trabalhar na proposta de minicurso foi a Ressonância Magnética. A licencianda justifica sua escolha da seguinte forma:

Fernanda: *No minicurso que eu preparei eu pensei em trabalhar com microchip, mas eu achei muito complexo. Então eu escolhi Ressonância Magnética.*

Larissa: *É na ressonância magnética que usam contraste?*

Professor: *Vocês viram o que aconteceu em Campinas?*

Fernanda: *Então o que eu trouxe para a aula de hoje foi justamente isso. Porque geralmente quando acontece alguma coisa assim o aluno vem perguntar para o Professor: Professor porque aconteceu isso? Vocês chegaram a ver essa notícia ou não?*

No momento da apresentação da proposta de minicurso da licencianda, o que ocorreu no início de 2013, estavam presentes na mídia notícias relacionadas ao acidente ocorrido após três pacientes terem realizado ressonância magnética em um hospital de Campinas – SP. Neste sentido, o documentário funciona como uma contextualização do tema, pois, de acordo com a licencianda: “*Porque geralmente quando acontece alguma coisa assim o aluno vem perguntar para o Professor*”. A fala da licencianda evidencia o que já é resultado de algumas pesquisas sobre os locais onde o estudante procura se informar sobre assuntos relacionados com a ciência (REID; NORRIS, 2016). Assim, o documentário pode promover o fio condutor para discussões mais abrangentes sobre os impactos das descobertas científicas modernas na vida dos cidadãos, sejam os aspectos positivos ou negativos.

Logo em seguida à fala acima, a licencianda particulariza o motivo da escolha do tema:

Fernanda: *[...] Então eu escolhi o tema ressonância magnética porque um dia eu estava vendo o documentário e meu Pai chegou e perguntou: o que você tá fazendo? Eu respondi: vendo um documentário. Ai ele falou: Não é por causa disso ai que a turma lá tá morrendo? Ai eu falei: o que? É, tão falando que morreram três pessoas por causa da Ressonância Magnética, tomar contraste. Daí eu achei interessante. Por que ele falou que já tinha tomado contraste. E depois do que aconteceu ele disse que não ia tomar mais, porque poderia*

acontecer alguma coisa. Daí eu mostrei pra ele o vídeo e ele disse que quando fez ressonância a médica disse pra ele que não pode respirar durante o exame. Daí eu achei bem legal porque ele é medroso e o quanto isso assustou ele.

Ou seja, a licencianda procura trazer para o contexto da sala aula, algum assunto que faça parte do cotidiano da sociedade, representada aqui por seu pai. Notícias relacionadas à ciência veiculadas pela mídia são correntes na sociedade atual, seja na mídia televisiva, jornais ou internet. No contexto brasileiro, DDC ainda são pouco transmitidos pelos canais abertos, com exceção daqueles transmitidos pelo canal Cultura. No entanto, grande parte dos DDC estão disponíveis pelo Youtube, e os estudantes são consumidores ativos destes meios.

O documentário abre um espaço para discussões sobre FMC, pois muitos assuntos relacionados à ciência moderna fazem parte dos diversos meios e materializações do discurso da divulgação científica, principalmente os DDC. Muitas das realizações da tecnologia moderna são oriundas de conceitos da FMC, sendo assim, esta pode ser uma das vias para preparar para o ensino de conceitos relacionados à FMC. Se o objetivo, no entanto, é a discussão de outros aspectos da FMC, por exemplo, aqueles relacionados à natureza da ciência e sua história, deve-se tomar certos cuidados, pois muitos DDC apresentam uma versão positivista da ciência, mostrando apenas seus aspectos benéficos, trazendo uma visão da ciência e do cientista, ingênua e simplista. Dentre estas visões estão aquelas que trazem a imagem do cientista como alguém *louco* de cabelo despenteado e esquecido ou trazem os resultados da ciência como aspectos da redenção humana e solucionadora de todos os males da sociedade. Sendo assim, a problematização destas questões por meio de DDC, abordados, por exemplo, via relações Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) podem contribuir para que os estudantes ampliem sua visão de mundo e possuam uma crítica fundamentada quando se trata de assuntos relacionados à

ciência moderna. Os recursos audiovisuais, incluindo aqui os DDC, facilitam a discussão destes aspectos, pois como afirmam Arroio e Giordan (2006):

[...] o sujeito compreende de maneira sensitiva, conhece por meio das sensações, reage diante dos estímulos dos sentidos, não apenas diante das argumentações da razão. Não se trata de uma simples transmissão de conhecimento, mas sim de aquisição de experiências de todo o tipo: conhecimento, emoções, atitudes, sensações, etc (ARROIO, GIORDAN, 2006, p. 9).

Finalizando a apresentação da proposta de minicurso de Fernanda, fizemos uma pergunta final aos licenciandos. Esta pergunta teve o objetivo de investigar os sentidos atribuídos por eles sobre o porquê de se utilizar DDC em sala de aula. A pergunta foi a seguinte: *Vocês acham que daria para trabalhar, num contexto de sala de aula, com atividades usando documentários? Vocês fariam isso enquanto professores?* A primeira licencianda a responder foi Fernanda. De acordo com ela:

Fernanda: *Eu usaria. Eu gosto disso porque sai da rotina da aula... Porque o aluno gosta de coisas diferentes.*

Breno e Larissa complementam:

Breno: *Na verdade o documentário, pelo menos no meu ponto de vista, é usado mais para contextualizar, para ficar de uma maneira que o aluno consiga visualizar melhor os conceitos que eu tenho que ensinar.*

Larissa: *É porque uma coisa é você ter que falar, por exemplo, biomecânica: “A então pessoal, enfia o negócio na cabeça da mulher e ta”. E outra coisa é ele ver isso. Então eu acho que o documentário que a Fernanda passou é muito bom porque traz isso tudo que é inovação. Isso que é legal dele poder ver. O documentário também chama a atenção né... Se o documentário é bom né... Às vezes o documentário é meio ruim aí eu acho que piora.*

São encontrados pelo menos três aspectos importantes nas falas dos licenciandos. O primeiro, na fala de Fernanda, se refere ao uso de documentários devido ao fato deste trazer

elementos que tornam a aula diferenciada. Neste sentido, qualquer estratégia que promova o deslocamento das ações comumente realizadas numa aula tradicional para uma aula mais *atrativa*, será positiva, pois, de acordo com a licencianda: *o aluno gosta de coisas diferentes*. No caso de Breno e Larissa, suas falas vão ao encontro de um dos aspectos considerados quando se pensa usar DDC com o intuito de introduzir assuntos de FMC no EM. No caso especial da FMC, podemos citar, por exemplo, a dificuldade de se trabalhar alguns de seus conceitos via experimental, pois muitos dos equipamentos usados em experimentos com o intuito de demonstrar ou ilustrar aspectos desta teoria são de difícil aquisição (MACHADO, NARDI, 2006).

Outro aspecto refere-se à fala de Larissa, pois de acordo com a licencianda, o documentário *bom* chama a *atenção* do aluno. Existem muitas discussões sobre o que pode ser considerado um documentário bom (DIJCK, 2006; RAMOS, 2008; REID, 2011). Os DDC são produzidos com objetivos de popularização e divulgação da ciência, sendo assim, feitos para o público em geral. A escolha de um título para ser usado em sala de aula, requer, por parte do professor, critérios dos mais variados. Se o objetivo é contribuir para visualização, contextualização ou chamar a atenção dos alunos em relação aos conceitos e fenômenos da FMC, concordamos com os critérios adotados por Dijck (2006). De acordo com ela, alguns tópicos da ciência, são difíceis de serem abordados em documentários pelo fato dos assuntos especificamente relacionados às disciplinas científicas serem abstratos e teóricos, como é o caso da FMC, por exemplo. Desta forma, o problema central dos produtores de documentários e cientistas, desde sempre, tem sido a procura de um equilíbrio entre o rigor da linguagem científica com as características próprias da linguagem cinematográfica, com o objetivo de atrair cada vez mais, um público que se intitula consumidor de ciência.

Neste sentido, um tipo de documentário que se consagrou, de acordo com a autora, é aquele “[...] cuja estratégia narrativa dominante é o acoplamento dos *modos expositivo e explicativo*, sendo o estilo das imagens apresentadas permeado de elementos *realísticos* ou *metafóricos*” (DIJCK, 2006, p. 8). O *modo expositivo*, ao qual a autora se refere, aproxima-se do que Nichols (2005) chama de *discurso direto*, e o *modo explicativo* do que ele chama de *filme de entrevistas*, ambos já caracterizados no Capítulo 1. Dentro destes tipos encontram-se as estratégias visuais, utilizando-se de metáforas ou analogias como artifício principal para explicar determinados conceitos e fenômenos. A maioria dos documentários produzidos pela BBC segue este *padrão de qualidade* de acordo com a autora. Sendo assim, ao escolher um documentário para trabalhá-lo em sala de aula, a análise destas características, pode contribuir para a escolha de um documentário que seja, de acordo com a fala da licencianda, mais atrativo e que chame a atenção dos alunos.

No entanto, como apontado pela própria autora, estes documentários, como produtos da mídia ocidental, podem transmitir uma visão demasiada empirista e positivista da ciência, ou seja, a noção de que todo conhecimento científico baseia-se na experiência e observação. Isto não quer dizer que estes recursos devem ser evitados em sala de aula, mas, pelo contrário, se o objetivo da aula é, por exemplo, o estudo das representações de ciência que estes recursos transmitem, eles podem contribuir para desencadear questões sobre a própria natureza da construção do conhecimento científico (REID; NORRIS, 2016).

No final da fala de Larissa, ela diz que: *Às vezes o documentário é meio ruim ai eu acho que piora*. Neste momento, questionamos os licenciandos sobre o que eles achavam que é um documentário ruim:

Larissa: Documentário ruim é aquele que é estilo Cosmos. Cosmos é triste. Ele fala de forma reta... Não tem, sabe... Uma dinâmica e tal. É contínuo: o Carl

Sagan falando blablabla... Mostra algumas imagens... Não... Não gostei. Mas traz uma coisa diferente com certeza. Isso melhora sua aula você pode dar um exemplo e ai aprende mais com o documentário.

O documentário ao qual a licencianda se refere *Cosmos* foi uma série produzida em 1980, pelo astrônomo Carl Sagan e sua esposa Ann Druyan e transmitido pela primeira vez pelo canal de TV americano PBS (Public Broadcasting Service). Talvez a licencianda classifique o documentário como ruim, devido ao fato de que nesta época os documentários ainda não se utilizavam de efeitos especiais e computacionais, predominando o caráter narrativo em detrimento do imagético. A questão da *dinâmica* pode se referir à ausência de algumas estratégias que são usadas nos documentários atuais, como por exemplo, uso de animações digitais, entrevistas, dramatizações, etc.

No final da atividade com o documentário de Herzog, os licenciandos se pronunciaram sobre o fato de que no EM, as aulas de Física ainda valorizam demasiadamente a linguagem matemática da Física em detrimento de outras linguagens. Em resposta ao porquê disso acontecer Fernanda se queixa do fato de que o que acontece no EM, é na verdade, apenas um espelho do que acontece nas licenciaturas de Física: atividades cujo foco principal é a linguagem matemática. Aqui a licenciada se pronuncia novamente, sobre a importância de as aulas nas licenciaturas de Física também promoverem outras atividades:

Fernanda: *O legal é que se nós não tivéssemos aula assim a gente não pensaria em talvez passar algum vídeo na sala de aula e agora eu já penso em como passar. A gente acaba pesquisando também a respeito do vídeo.*

Sendo assim, em última análise, a produção de sentidos da licencianda sobre o uso de recursos audiovisuais em sala de aula, parece atender os objetivos deste trabalho que foi contribuir para uma reflexão, por parte do futuro professor de Física sobre as possibilidades de se trabalhar atividades diferenciadas nas aulas de Física no EM. No nosso caso, estas atividades se

expressam pelo uso de DDC com o objetivo de se inserir assuntos de FMC no EM. No caso da proposta do minicurso apresentado por Fernanda, o documentário pode contribuir para a inserção de assuntos de FMC no EM, sob um viés de questões relacionadas entre ciência e sociedade. Como expresso na fala de Márcio sobre os possíveis usos dos documentários em sala de aula:

Márcio: [...] E serve também para trazer problemáticas novas e para discussão dessa questão, no caso do documentário que a Fernanda passou, fica evidente a questão da ciência e a sociedade.

Em outros casos, como o da proposta de Larissa apresentada anteriormente, podemos pensar em discussões relacionadas a controvérsias científicas ou das tecnologias desenvolvidas com a ajuda dos conceitos oriundos da FMC.

4.2.5. O percurso de Márcio: a apresentação do Plano de Aula

A apresentação do Plano de Aula do licenciando Márcio seguiu o da Fernanda. O tema escolhido por Márcio foi *Energia Nuclear e Bomba Atômica*. Logo no início da apresentação o licenciando expõe o tipo de abordagem de ensino e de aprendizagem que adotará:

Márcio: Eu pensei em fazer uma abordagem CTS. Foi então que eu pensei nos objetivos: 1. Fazer com que o aluno tenha uma visão geral dos modelos atômicos; 2. Discutir as consequências dos descobrimentos científicos sobre a sociedade. Quer dizer... O conhecimento científico tentar passar isso para o aluno. 3. Entender o conceito básico da energia nuclear. 4. Questionar a existência de armamentos como a bomba atômica. Mostrar também que ela deriva da ciência. Mostrar, assim como anteriormente, que a ciência não é neutra. 5. Debater sobre os principais meios de obtenção de energia e seus impactos.

Em seu discurso Márcio tem a intenção de utilizar elementos da abordagem CTS para trabalhar o assunto de energia nuclear num possível minicurso com alunos do EM. Para isso, ele pretende discutir alguns conteúdos relacionados ao assunto, mas também, propor algumas

questões a respeito da natureza da ciência, neste caso, sua não neutralidade. Porém, o licenciando não deixa claro como fará isso, uma vez que durante a apresentação do Plano de Aula, assim como a licencianda Fernanda, ele não faz menção sobre qual documentário utilizará. Possivelmente isso se deve ao fato de que, neste momento do curso, os licenciandos ainda não estavam certos de que seriam estes os temas realmente trabalhados no minicurso, até porque havíamos dito a eles que o tema poderia ser mudado ao longo do curso.

Com relação aos conteúdos que Márcio pretende trabalhar em sua proposta de minicurso, ele faz uma extensa listagem:

***Márcio:** Conteúdos de Ensino: 1. Entendendo o que é o átomo de Demócrito a Schrodinger. [...] Então, trazer uma abordagem desse tema. 2. As principais características dos modelos atômicos. 3. Quais as consequências desses desenvolvimentos de modelo atômico para a sociedade. Também, tentar debater também... Tem os modelos... Mas o que isso, digamos afeta a vida dos alunos, a sociedade em si né... Tentar mostrar que muito do que a gente tem hoje de tecnologia é baseado no modelo atual de átomo. 4. A origem dos elementos químicos. Com isso, a gente discutiu o que é o átomo, mas, de onde ele veio? De onde surge né? Trazer um breve contexto sobre isso também. Os elementos químicos e a origem. E já dar uma boa introdução sobre os elementos pesados e a instabilidade do Urânio. 5. O que é radiação? Os tipos de radiação. Quais as suas consequências para o organismo e meio ambiente. Também como disse, radiação matava, radiação mata, então era pra todo mundo tá morto.*

Assim como Fernanda, Márcio traz uma extensa listagem do que fazer. Neste caso, acreditamos que seria necessário o licenciando escolher uma abordagem específica e tentar desenvolver os conteúdos baseado nesta abordagem, dado o número reduzido de horas que ele teria para desenvolver a atividade. Ele se refere ao uso da abordagem CTS e têm a intenção de discutir com os possíveis alunos do EM os temas propostos, principalmente os que se referem à natureza da ciência.

Num trecho abaixo onde fala sobre a abordagem metodológica dos conteúdos, ele indica a forma como trabalhará os conteúdos, porém não explicita mais detalhadamente essa forma:

***Professor:** [...] Pense numa mobilização dos alunos onde eles fazem a leitura, onde eles trabalhem, eles discutem e você faz a mediação dessa discussão, mas o engajamento é por parte do aluno.*

***Márcio:** A abordagem do tema será feita por meio de trechos de documentários, reportagens, uso de simuladores de computador e aulas expositivas. Mas sempre buscando, eu não coloquei no plano né, mas sempre buscando a participação do aluno. Durante as aulas buscar a participação efetiva dos alunos.*

Podemos notar que, após a intervenção do professor, que Márcio enfatiza que em seu minicurso a participação do aluno será efetiva. Pela apresentação do Plano de Aula parece que o licenciando, apesar de propor o uso de algumas estratégias de ensino que deslocam os sentidos de uma aula tradicional de física para uma aula diferenciada, ainda assim seguiria um modelo expositivo de transmissão de conteúdos. Em sua apresentação da proposta de minicurso, no final da disciplina, pudemos perceber que estes sentidos são deslocados para um modelo de aula mais participativa dos alunos.

4.2.6. O percurso de Márcio: a proposta de Minicurso

A temática da proposta de minicurso de Márcio baseou-se no documentário Einstein's equation of life and death (*A equação de vida e morte de Einstein*). O documentário foi produzido em 2005 pelo Canal 2 da BBC em comemoração aos 100 anos da Teoria da Relatividade Especial de Einstein. O documentário se inicia com atores representando o encontro dos cientistas Albert Einstein e Leo Szilard em 1939, que culminou na escrita de uma carta de Einstein para o Presidente Roosevelt alertando-o sobre a recente descoberta da fissão nuclear e suas

consequências como uma possível arma de guerra. Além disso, o documentário narra o desenvolvimento da física nuclear durante a Segunda Guerra Mundial, dando ênfase na contribuição da equação de Einstein para a compreensão do fenômeno da fissão e a posterior construção da bomba atômica pelos americanos em 1945.

Assim como Fernanda e Larissa, Márcio iniciou o minicurso falando sobre o conteúdo do documentário. Depois assistimos o mesmo e começamos a conversa sobre questões relacionadas sobre a estrutura do minicurso e os assuntos tratados nesse documentário. A primeira questão colocada por Márcio foi sobre o documentário:

Márcio: E aí o que vocês acharam do documentário?

Larissa: Eu achei interessante.

Márcio: Porque você achou interessante?

Larissa: Eu achei interessante porque eu nunca tinha pensado na equação de Einstein na forma que ele mostrou. Que massa pode gerar tanta energia. É interessante que ele problematizou isso né colocou num contexto em que foi usado, por exemplo, para fins de guerra né... E que a física nuclear avançou por causa da guerra [...].

A resposta dada por Larissa traz reflexões sobre as diversas formas nas quais poderíamos abordar questões relacionadas à FMC no EM usando DDC. Questões conceituais relacionando a equação de Einstein à quantidade de energia liberada num processo de fissão, ou, por exemplo, relacionar o desenvolvimento da ciência para fins bélicos. Além disso, o documentário usado por Márcio pode contribuir para estudarmos questões relacionadas à natureza da ciência, como, por exemplo, o papel desempenhado pela ciência e pelos cientistas na construção da história e da cultura humana. No caso deste documentário em particular, numa abordagem histórico-filosófica, poderíamos discutir o papel desempenhado por Einstein na construção da bomba atômica durante a Segunda Guerra Mundial. Estas questões são suscitadas numa das intervenções do Professor durante a apresentação:

***Professor:** Tem uma parte que o ator que representa Einstein fala: “Nós somos cientistas, deixe os militares com seus joguinhos”. E não é bem assim. Então Einstein, de certa forma - se essa foi uma frase dele ou não, nós não sabemos, teríamos que fazer uma pesquisa histórica - mas se ele pensava coisas do tipo isso mostra a ingenuidade do cientista.*

***Larissa:** É. Ele fala no final do documentário, ele fala da ingenuidade de alguns cientistas...*

***Márcio:** Professor, pensando na neutralidade, eu pensei em trabalhar com uma fala que o Leo Szilard fala que tava na hora da ciência deixar a neutralidade de lado. Eu pensei em trabalhar essa questão com os alunos. Mas eu senti que faltava conteúdo pra mim mesmo para trabalhar essa questão da neutralidade porque é um tema muito complexo.*

A fala de Márcio aponta a dificuldade de se trabalhar questões relacionadas à natureza da ciência. Aqui a discussão seria em torno de sua neutralidade e o papel do cientista nas discussões envolvendo questões sociais e políticas. Algumas pesquisas apontam a existência de concepções deformadas sobre a ciência e o trabalho científico entre professores de ciências. Dentre elas podemos citar a de Gil Pérez et al (2001) que identificou sete visões que ele considerou como deformadas entre professores de ciência: concepção empírico-indutivista e atórica, visão rígida de ciência infalível, visão a-problemática e a-histórica, visão exclusivamente analítica, visão acumulativa de crescimento linear dos conhecimentos científicos e visão socialmente neutra da ciência. Em outra pesquisa, Auler e Delizoicov (2006), apontam três visões dos professores de ciência, originadas a partir da concepção de progresso linear da ciência e da tecnologia: superioridade/neutralidade do modelo de decisões tecnocráticas, perspectiva salvacionista/redentora atribuída à ciência-tecnologia e determinismo tecnológico.

Podemos notar a intenção do licenciando em suscitar questões de caráter sócio-científico. No entanto, ele encontra dificuldades de elaborar ou articular formas de se fazer isso em sala de aula, possivelmente por essas questões não serem suficientemente tratadas nas

licenciaturas. O documentário usado pelo licenciando abre possibilidades de se trabalhar questões de cunho CTS, em sala de aula, por exemplo, ao pedir para que os estudantes, após assistirem o documentário, discutam o papel desempenhado pelos cientistas no Projeto Manhattan ou a relação da equação de Einstein com a própria construção da bomba atômica. Estas, e outras questões afins, poderiam ser trabalhadas em sala de aula com o objetivo de contribuir para desconstruir algumas visões deformadas de ciência apontadas pelos pesquisadores anteriormente citados.

Continuando o diálogo, podemos notar, por meio da fala dos licenciandos, que a discussão caminha ao encontro de uma abordagem CTS de ensino e aprendizagem, como preconizado pelo próprio licenciando no início de sua apresentação. E a questão da neutralidade da ciência e do cientista é colocada em foco:

Márcio: Traduzindo o título fica: A equação de Einstein da vida e da morte. Como vocês interpretam isso?

Larissa: Acho que todo ele falou mais da morte. No final ele falou da vida. Só que aí ele só depois que o Einstein morreu que eles conseguiram ver que a equação servia para outras coisas.

Márcio: É exatamente. Eu pensei a mesma coisa, eles dão ênfase na questão da parte negativa e deixam uma parte positiva um pouco de lado. Mas é interessante né. A questão de Einstein fazer essa equação, e ela ter esses dois lados, da mesma forma que ela pode trazer a vida ela pode trazer a morte. E voltando a questão da culpa que o Einstein sentiu, será que o cientista quando ele faz uma descoberta ele tem a noção do que pode acarretar tudo isso?

A questão colocada por Márcio se enquadra numa abordagem CTS onde aspectos da FMC podem ocupar um lugar de destaque nas aulas de Física do EM, pois alguns exemplos históricos, como é o caso da equação de Einstein, podem suscitar discussões relacionadas à influência da ciência e da tecnologia nos destinos humanos bem como questões sociais que influenciam a ciência. De acordo com Rosenthal (1989) nos currículos de ciência com caráter

CTS, existem seis aspectos relacionados à natureza do conhecimento científico que podem ser abordados em sala de aula: filosófico, sociológico, histórico, político, econômico e humanístico. Aqui, em relação ao aspecto filosófico, por exemplo, este abrange aspectos éticos do trabalho científico, o impacto das descobertas científicas sobre a sociedade e a responsabilidade social dos cientistas no exercício de suas atividades. Outra questão colocada pelo licenciando, mostra sua preocupação em discutir aspectos CTS em sala de aula:

Márcio: Bom, uma questão que eu gostaria de colocar também para nós pensarmos é, por exemplo, no meu caso, eu tinha a ciência, até um tempo atrás, que ela seria a salvação para os problemas da humanidade e depois desse documentário o que nós percebemos, o que é muito nítido, é que a ciência pode ser um poder devastador imenso. No conhecimento que ela pode gerar. Então, como que vocês, ou qual a visão de vocês? Tá certo que é uma questão para ser trabalhada com um pouco mais de tempo, mas para vocês pensarem, qual a visão que vocês possuem de ciência? Assim, ela pode ser tanto benéfica quanto maléfica. Qual o papel dela na sociedade?

Podemos notar na fala do licenciando que o documentário contribuiu para que ele próprio deslocasse sua representação sobre a ciência como algo que *seria a salvação para os problemas da humanidade*, para algo que *pode ser um poder devastador imenso*. De fato o documentário escolhido pelo licenciado, ao apresentar a influencia da ciência e dos cientistas durante a Segunda Guerra Mundial, elucida a participação deles e sua aparente ingenuidade na construção de uma das armas mais devastadoras da humanidade que é a bomba atômica. O documentário se enquadra no gênero docudrama, onde atores interpretam os cientistas que estiveram envolvidos no Projeto Manhattan, dando especial ênfase aos discursos de Leo Szilard e Albert Einstein. No início do documentário aparece escrito na tela que os discursos que serão ali produzidos foram baseados em documentos históricos. Este recurso confere ao documentário a

sensação de autenticidade e de que o que está sendo dito ali está muito próximo do que realmente aconteceu apesar do caráter de ficcionalidade das cenas.

Além disso, o documentário aborda alguns aspectos da história da ciência, por exemplo, ao mostrar a dificuldade encontrada pelos cientistas da época para compreender o processo de Fissão Nuclear. Utiliza para isso entrevistas com cientistas atuais, efeitos especiais, onde é ilustrada a quebra do núcleo de urânio por um nêutron lento e a consequente reação em cadeia produzida. Todos estes recursos têm como objetivo principal tornar o documentário mais atrativo para o público, podendo contribuir para o aumento da alfabetização científica da população e uma visão mais crítica sobre a ciência e seus processos.

No entanto, como dito anteriormente, como uma materialização de um tipo de linguagem da divulgação científica, o documentário não é realizado com objetivos explícitos de ser utilizado em sala de aula. Sendo assim, salientamos a importância de enquanto professores, adaptá-lo para o contexto da sala de aula e elaborar questões que instiguem nos estudantes a curiosidade para refletir sobre questões que são silenciadas nos documentários.

De modo geral, notamos que entre os sentidos produzidos pelos licenciandos sobre a inserção de assuntos de FMC no EM por meio de DDC, destacamos o interesse em incluir, nas propostas de minicurso com os documentários selecionados, elementos da História e Natureza da Ciência e o uso de controvérsias científicas. Na perspectiva da formação de leitores de ciências, seja por meio de textos verbais ou imagens em movimento, o uso destas abordagens pode privilegiar a formação de cidadãos mais conscientes e críticos sobre o papel da ciência e da tecnologia e do próprio cientista numa sociedade como a nossa. Tanto nas atividades com o documentário de Herzog quanto nas propostas de minicursos, as críticas e argumentações produzidas pelos licenciandos, em relação a alguns elementos da linguagem audiovisual,

incluindo a narrativa e imagética, contribuíram para que se estabelecesse, entre professor e licenciandos, o discurso polêmico. Este pôde contribuir para delinear os caminhos de como o trabalho com os DDC pode proporcionar a inserção de aspectos da FMC nas salas de aulas do EM, principalmente quando consideramos implicações tão abrangentes como as relações entre a FMC e a Arte.

Além disso, a licencianda Fernanda, ao optar por usar relações entre a Ciência, Tecnologia e Sociedade, em sua proposta de minicurso com o documentário *How science changed our world*, se aproxima de um modelo contextualista de divulgação científica ao contribuir para interlocuções em sala de aula com seus supostos alunos do EM.

No entanto, acreditamos que é necessário estudos mais detalhados sobre como os estudantes leem não apenas os conteúdos veiculados pelos recursos audiovisuais, mas também, como se dá a produção de sentidos sobre a leitura do próprio recurso. No nosso trabalho pudemos encontrar através da fala dos licenciandos, alguns resultados já encontrados em outros trabalhos, por exemplo, a visão de documentário como verdade. Concordamos com Ramos e Silva (2014, p. 53) quando dizem que:

Para pensarmos sobre a formação de leitores de ciências, trabalhamos com três questionamentos fundamentais sobre o modo como as ciências circulam e são lidas em nossa sociedade, apropriado e perpetuado pelas nossas práticas escolares: o primeiro diz respeito a busca de uma leitura única, apenas parafrástica – a um fechamento dos sentidos; o segundo diz respeito ao privilegiamento de certas linguagens – como a verbal – e a uma “naturalização” do olhar para o audiovisual, pois este seria mais “claro” e “óbvio” do que outras linguagens [...].

Acreditamos que os DDC foram apropriados pelos licenciandos como um recurso que tem potencialidade de instrumentalizar as discussões sobre FMC no EM. Dentre os discursos produzidos, estão àqueles relacionados às aplicações da ciência, apresentados pela licencianda

Fernanda, quando ela traz para a pauta das discussões os usos da ressonância magnética, ou a discussão sobre as consequências da equação de Einstein, a descoberta da fissão nuclear e a neutralidade do cientista, no documentário usado por Márcio. No caso de Larissa, os desenvolvimentos que a FMC proporcionou na Astronomia, particularmente na pesquisa por outros planetas e a possível existência de vida fora da terra. E, por último, as relações entre o decaimento radioativo e a datação de pinturas rupestres no documentário de Herzog usado por nós.

No questionário proposto por Larissa, verificamos elementos do que Orlandi (1998) chama de repetição histórica, ao propor questões de natureza integradora conjugando elementos da arte pré-histórica com os da arte contemporânea, assuntos que não foram discutidos por nós nas aulas de Práticas do Ensino de Física II. A mesma licencianda, na apresentação do Plano de Aula, problematizou os sentidos produzidos pelas imagens em movimento ao questionar as imagens de Buracos Negros contidas em DDC. Ressaltamos que a licencianda não utilizou temas considerados específicos de FMC, priorizando assuntos relacionados a Astronomia produzida no século XX.

No entanto, alguns aspectos identificados no discurso produzido pelos licenciandos, apontam algumas representações ingênuas sobre a linguagem documental. Uma delas é a visão do documentário como verdade como explicitado acima. No entanto, o momento no qual os licenciandos apresentam essa visão é no início da disciplina de Práticas no trabalho com o documentário de Herzog. Não foi possível identificar se eles produziram deslocamentos em relação a essa visão ao longo da pesquisa.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho investigamos aspectos de como utilizar Documentários de Divulgação Científica (DDC) nas aulas de física do Ensino Médio (EM), com o objetivo de se ensinar aspectos da Física Moderna e Contemporânea (FMC). Na perspectiva teórica e metodológica à qual este trabalho se filiou, partimos da hipótese de que o professor em formação inicial é um dos principais atores na produção de movimentos discursivos que podem contribuir para problematizar a materialização de assuntos de ciência contidos nos DDC.

Entre as justificativas para o trabalho com licenciandos, podemos assinalar que em pesquisa recente Nardi e Cortela (2015) apontaram que, apesar das significativas mudanças curriculares realizadas nos últimos anos nos cursos de licenciatura, verifica-se ainda que:

[...] as práticas dos docentes continuam apoiadas, por falta de outros referenciais teóricos, aos modelos de formação aos quais estiveram submetidos em suas graduações e também àquelas que são, de certa forma, hegemônicas na área. Ou seja, apesar das estruturas curriculares terem sido modificadas, os modelos formativos adotados pela maioria dos professores continuam sendo muito próximos do modelo transmissionista, memorístico, conteudista, fragmentado, considerado superado/inadequado para a atualidade (NARDI, CORTELA, 2015, p. 36).

Ao encontro das constatações dos pesquisadores citados acima, está o discurso produzido pelos licenciandos quando da realização das atividades com o documentário de Herzog ao serem questionados sobre o fato das aulas de física do EM serem majoritariamente pautadas em linguagem matemática. Neste sentido, acreditamos termos contribuído para elucidar diferentes posturas metodológicas quando trabalhamos com recursos audiovisuais nos cursos de licenciaturas.

Assim como os Textos de Divulgação Científica (TDC) que, sendo um tipo de materialização do discurso da divulgação da ciência podem contribuir para o deslocamento de discursos em sala de aula (SILVA, ALMEIDA, 2005), esta pesquisa nos forneceu indícios de que os DDC também podem auxiliar na descentralização do papel do professor como produtor de sentidos em sala de aula e na formação de um sujeito leitor de ciências. Estas constatações vão ao encontro da perspectiva teórica adotada por nós, no que diz respeito ao deslocamento do discurso autoritário em direção a um discurso polêmico. Acreditamos que este trabalho possibilitará a reflexão do futuro professor de física, estimulando-o a desenvolver atividades com DDC no EM. É de se destacar que além da preocupação dos licenciandos em relação à aspectos relacionados aos conteúdos científicos contidos nos DDC, surgiram apontamentos relacionados à própria linguagem, narrativa ou imagética, dos recursos audiovisuais utilizados.

No âmbito das discussões realizadas nas condições de produção imediatas, também notamos a preocupação dos licenciandos em adquirir critérios de seleção na escolha de um *bom* DDC para trabalhar em sala de aula. Provavelmente, estes critérios já faziam parte da memória discursiva deles, configurando-se ideologicamente por meio de condições sócio-históricas, seja pelo contato com DDC em sua vida escolar, ou através da mídia televisiva ou pela internet. Porém, outros foram sendo compartilhados ao longo da disciplina, entre licenciandos e professor-pesquisador, provenientes das discussões e leituras realizadas na disciplina de Práticas do Ensino de Física II.

Mas, e com relação à FMC? Porque a privilegiamos nos temas trabalhados com DDC? No Capítulo 1 fizemos uma revisão bibliográfica identificando os principais tipos de trabalhos e atividades em sala de aula com objetivos de inserção de aspectos da FMC nas aulas de física do EM. Um dos aspectos identificados, relativos às propostas de atividades em sala aula, foi a escassez de trabalhos que fizessem uso de DDC. Outro aspecto, quando consideramos o

trabalho com FMC, está relacionado às dificuldades de se realizar atividades experimentais. Sabemos que estas dificuldades não se restringem apenas a FMC, mas também a Física Clássica (FC). No entanto, ela se agrava no que concerne aos custos necessários para obtenção de aparelhagem para se realizar experimentos relativos aos fenômenos da FMC. Deste modo, os DDC podem ser considerados um recurso privilegiado, assim como os TDC, ainda mais quando levamos em conta a utilização das linhas e abordagens de pesquisa em ensino de física.

Ao considerarmos as abordagens Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS) e História e Filosofia da Ciência (HFC) no ensino, pudemos notar que os documentários selecionados pelos licenciandos na proposta de minicurso permitiram a discussão de muitos aspectos considerados importantes na área de pesquisa em ensino de ciências. Por exemplo, os usos da ciência e da tecnologia no nosso cotidiano, a não neutralidade da ciência e do cientista, os processos de construção das teorias científicas, entre outros.

Salientamos que grande parte dos DDC produzidos atualmente, em especial aqueles classificados por nós como *filmes de entrevista*, possuem um discurso de unilateralidade da ciência. Ou seja, de acordo com os modelos de divulgação científica discutidos no Capítulo 1, eles possuem uma narrativa que se aproxima do *modelo unidirecional* de divulgação da ciência. Portanto, ressaltamos a importância da realização de pesquisas que problematizem as representações de ciência veiculada por estes documentários, pois, como apontado por Reid (2016), “O estudo destas representações trará grandes contribuições para o ensino de ciências, pois a compreensão, avaliação e a crítica fundamentada sobre as representações da ciência na mídia não requer somente conhecimentos sobre a mídia, mas também, sobre a epistemologia e os conteúdos da ciência” (REID; NORRIS, 2016, p. 148).

Apesar de identificarmos preocupações variadas no sentido de não usar os DDC apenas para *ilustrar* ou *reforçar* conteúdos, mas também, promover estratégias de ensino que vão

ao encontro de modelos mais representativos do papel do professor em sala de aula, acreditamos que é necessário mais estudos que investiguem as possíveis articulações entre as abordagens CTS e HFC e o uso de DDC no ensino. A realização destes estudos focando em assuntos da FMC será fundamental, pois grande parte dos DDC realizados atualmente possuem assuntos que estão relacionados à produção científica do século XX e XXI, proporcionando deste modo, mais uma porta de entrada para a temática da inserção da FMC no EM.

Outro fator que privilegia o uso da FMC é que os DDC produzidos atualmente, em particular aqueles transmitidos pelos canais PBS Nova (americano) e BBC (britânico) utilizam-se de recursos como efeitos especiais, computação gráfica e animações digitais que permitem a visualização de conceitos científicos considerados abstratos e de difícil compreensão. Dijk (2006), por exemplo, exalta estas *qualidades* no caso das analogias e animações digitais que auxiliam a explicação de alguns conceitos da Teoria das Supercordas, no documentário produzido em 2003 pela PBS, e apresentado pelo físico Brian Greene, *The elegant universe (O universo elegante)*. Citamos ainda o documentário *The fabric of the cosmos (A fábrica do cosmos)*, produzido em 2011 pela PBS e também apresentado por Brian Greene. Nesse caso, os efeitos especiais e recursos da computação gráfica são utilizados para explicar conceitos da Física Quântica.

Verificamos que o uso de DDC contribuiu para que, possivelmente, em sua vida profissional os licenciandos possam ressignificar os tipos de questões que são trabalhadas em grande parte das aulas de física no EM. Por meio de suas produções escritas e nas discussões realizadas em sala de aula, pudemos notar que a natureza das questões propostas confirmou a hipótese do professor-pesquisador de que a nossa mediação, relacionando e contextualizando a física como elemento da cultura e arte, provocou sentimentos como curiosidade, dúvida, desconforto, assombro, entre outros. Desta forma, vimos que o uso do documentário com este

tipo de mediação, minimizou respostas em que prevalecem mecanismos de antecipação e relações de força, na qual o aprendiz responderá aquilo que acredita que o mestre espera.

Cabe salientar que este trabalho não teve a intenção de ser panaceia e nem de prescrever o que Almeida (2010) chama de *recomendações vazias*, que poderia ser exemplificado aqui caso sugeríssemos que a única forma possível de trabalharmos com DDC em sala de aula fosse a apresentada neste trabalho.

As propostas de mudanças na formação de professores, e conseqüentemente no ensino da física no EM, são complexas, devendo ser pensadas, como apontado por Krasilchik (1996), em nível macro, micro, exo e mesossistêmico, ou seja:

[...] é necessário levar em consideração os processos políticos, econômicos e sociais que afetam as nações; as instituições e/ou organizações que desempenham papel principal na proposição e implementação de políticas públicas para o ensino; os interesses do aluno e sua família, em diferentes locais e períodos de tempo; aqueles decorrentes dessas três esferas de influências anteriormente citadas e que dependam da composição do corpo discente, das condições de trabalho propiciadas aos docentes e da formação dos mesmos.

As condições de produção sócio-históricas de cada ator participante nesse processo de mudança são assistemáticas, possuindo contribuições epistêmicas das mais variadas. Cada discurso produzido segue uma ideologia diferente, e assim sendo, uma realidade plural e individualmente fundamentada em sua cotidianidade, deixando de lado, muitas vezes, anos de resultados de pesquisa na área de ensino de ciências. Assim como toda mudança de paradigma, a mudança das aulas de física no EM, está sendo processual, historicamente construída, e permeada de conflitos entre todas as instâncias institucionais envolvidas. No contexto brasileiro, existem fatores como as péssimas condições de trabalho dos professores da educação básica, a desvalorização da profissão, o reduzido número de aulas de física no EM, entre outros, que

dificultam a autonomia para a reflexão sobre propostas diferenciadas e autônomas de ensino da física no EM.

REFERÊNCIAS

- ALARCÃO, I. (Org.). **Formação reflexiva de professores: estratégias de supervisão**. Porto: Porto Editora, 1996.
- ALMEIDA, M. J. **Imagens e Sons – a nova cultura oral**. São Paulo: Cortez Editora, 1994.
- ALMEIDA, M. J. P. M. Discurso pedagógico e formação de professores de ciências da natureza: foco no professor de física. **Alexandria**, v. 5, p. 29-41, 2012.
- ALMEIDA, M. J. P. M. **Discursos da ciência e da escola: ideologia e leituras possíveis**. Campinas: Mercado das Letras, 2004.
- ALMEIDA, M. J. P. M. Prescrições e recomendações ao professor na solução de problemas do ensino na educação em ciências. **Ciência & Ensino**, v. 1, n. 1, p. 47 - 51, 2006.
- ALMEIDA, M. J. P. M.; NARDI, R. Relações entre pesquisa em ensino de Ciências e formação de professores: algumas representações. **Educação e Pesquisa**, v. 39, n. 2, p. 335 – 349, 2013.
- ALMEIDA, M. J. P. M.; SILVA, H. C.; MACHADO, J. L. M. Condições de Produção da Leitura na educação em Física. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, n.1, p. 5-17, 2001.
- ALMEIDA, M. J. P. M.; SILVA, H. C. Noções auxiliares na compreensão do fazer pedagógico. **Educação & Sociedade**, n. 47, p. 97 - 105, 1994.
- ANDRADE, R. R. D.; NASCIMENTO, R. S.; GERMANO, M. G. Influências da física moderna na obra de Salvador Dalí. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 3, p. 400 - 423, 2007.
- ANDRÉ, M. E. D. A. **Estudo de caso em pesquisa e avaliação educacional**. Brasília: Série Pesquisa, 2005.

ARROIO, A.; GIORDAN, M. O vídeo educativo: aspectos da organização do ensino. **Química nova na escola**, v. 24, p. 8-11, 2006.

AULER, D; DELIZOICOV, D. Ciência-Tecnologia-Sociedade: relações estabelecidas por professores de ciências. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 5, n. 2, p. 337 – 355, 2006.

BASTOS, F; NARDI, R. Debates recentes sobre a formação de professores: considerações sobre contribuições da pesquisa acadêmica. In: BASTOS, F; NARDI, R. **Formação de professores e práticas pedagógicas no ensino de ciências**: contribuições da pesquisa na área. São Paulo: Escrituras, 2008.

BENTES, I. Debate: cinema, documentário e educação. In: Debate: cinema, documentário e educação. **Programa Salto para o Futuro (MEC)**, Brasília, ano 13, n. 11, p. 03-11, jun. 2008.

BIENVENIDO, L. **Science on Television**: the narrative of scientific documentary. Bedfordshire: Pantaneto Press, 2007.

BIENVENIDO, L. Science documentaries and their coordinates. **Quaderns del CAC**, v. 30, p. 11 – 18, 2008.

BODMER, W. **The Public Understanding of Science**. London: Royal Society, 1985.

BONETTI, M.C. **A linguagem de vídeos e a natureza da aprendizagem**. Dissertação (Mestrado Interunidades em Ensino de Ciências) – Instituto de Física, Química, Biociências e Educação, Universidade de São Paulo, 2008.

BOCHERENS, H. et. al. Bears and humans in Chauvet Cave (Vallon-Pont-d'Arc, Arde`che, France): insights from stable isotopes and radiocarbon dating of bone collagen. **Journal of Human Evolution**, v. 50, p. 370 – 376, 2006.

BRASIL. Lei nº 9394, de 20 de dezembro de 1996. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. **Diário Oficial [da República Federativa do Brasil]**, Brasília, n. 248, p. 27833, 23 dez. 1996. Seção 1.

BRASIL. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Básica, Fundo Nacional do Desenvolvimento da Educação. **Guia de livros didáticos PNLD 2012 – Física – Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2011.

BRASIL. Parâmetros Curriculares Nacionais: Ensino Médio. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Brasília, Ministério da Educação, 1999.

BRASIL. PCN+ Ensino Médio. Orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ministério da Educação. Secretaria de Educação Média e Tecnológica – Brasília, Ministério da Educação, 2002.

BRAZ Jr., D. **Física moderna** – tópicos para o ensino médio. Campinas: Companhia da Escola, 2002.

BRUZZO, C. O documentário em sala de aula. **Ciência & Ensino**, v. 4, p. 23-25, 1998.

BUCCHI, M. **Science and the Media**: alternative routes in scientific communication. London: Routledge, 1998.

BUENO, W. Jornalismo Científico: conceitos e funções. **Ciência e cultura**, v. 37, n. 9, p. 1420 – 1427, 1984.

CABRAL, J. M. P. **A radioatividade** – contributos para a História da Arte. Lisboa: PRESS, 2011.

CALDAS, G. Comunicação, educação e cidadania: o papel do jornalismo científico. *In*: GUIMARÃES, E. **Produção e circulação do conhecimento**. Campinas: Pontes Editores, 2003. v. 2.

CARVALHO NETO, R. A.; FREIRE JÚNIOR, O.; SILVA, J. L. P. B. Improving students' meaningful learning on the predictive nature of quantum mechanics. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 1, p. 65-81, 2009.

CHAVES, S. N. História da Ciência Através do Cinema: dispositivo pedagógico na formação de professores de ciências. **Alexandria**, v. 5, n. 2, p. 83-93, 2012.

CONTRERAS, J. La autonomia del profesorado. Madrid: Morata, 1997.

COSTA, R. R. D.; NASCIMENTO, R. S.; GERMANO, M. G. Salvador Dalí e a mecânica quântica. **Física na Escola**, v. 8, n. 2, p. 23-26, 2007.

CUZANGE, M. T. et al. Radiocarbon intercomparison program for Chauvet cave. **Radiocarbon**, v. 49, n. 2, p. 339–347, 2007.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J. A.; PERNAMBUCO, M. M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002.

DELORS, J. **Educação um tesouro a descobrir**. São Paulo: Cortez; Brasília: MEC: UNESCO, 2001.

DHINGA, K. Thinking about Television Science: How Students Understand the Nature of Science from Different Program Genres. **Journal of Research in Science Teaching**. v. 40, n. 2, p. 234–256, 2003.

DHINGRA, K. Science on Television: storytelling, learning and citizenship. **Studies in Science Education**, v. 42, n. 1, p. 89 – 124, 2006.

DIJCK, J. Picturizing science: the science documentary as multimedia spectacle. **International journal of cultural studies**, v. 9, n. 1, p. 5 – 24, 2006.

FALK, J. H. The contribution of free-choice learning to public understanding of science. **INCI**, v. 27, n. 2, p. 62 - 65, 2002.

FALK, J. H.; STORKSDIECK, M.; DIERKING, L. D. Investigating public science interest and understanding: evidence for the importance of free-choice learning. **Public Understand of Science**, v. 16, n. 4, p. 455–469, 2007.

FARIAS, R. F. A química do tempo: carbono – 14. **Química Nova na Escola**, n. 16, p. 6 – 8, 2002.

FEYNMAN, R. P.; LEIGHTON, R. B.; SANDS, M. **The Feynman lectures on physics quantum mechanics**. USA: Addison-Wesley Publishing Company, 1966.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Paz e Terra, 2004.

GARDNER, C.; YOUNG, R. Science on TV: a critique. IN: BENNET, *et al.* Popular Television and Film, p. 171–193, 1981.

GASPAR, A. **Compreendendo a física** – volume 3. São Paulo: Editora Ática, 2011.

GIL PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125 – 153, 2001.

GIROUX, H. A. Os professores como intelectuais: rumo a uma pedagogia crítica da aprendizagem. Porto Alegre: Artmed, 1997.

GONÇALVES FILHO, A.; TOSCANO, C. **Física e realidade** – volume 3. São Paulo: Editora Scipione, 2010.

GREGORY, J; MILLER. Caught in the crossfire: The public's role in the science wars. IN: LABINGER, J. A; COLLINS, H. The One Culture? A Conversation about Science. Chicago: University of Chicago Press, 61–72, 2001.

GREGORY, J; MILLER. **Science in Public: Communication, Culture and Credibility**. Cambridge: Perseus Publishing, 1998.

GUERRA, A.; MORAIS, A. História e a filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, n. 1, p. 1502-1 – 1502-9, 2013.

HARTMANN, A. M.; ZIMMERMANN, E. O trabalho interdisciplinar no Ensino Médio: a reaproximação das “Duas Culturas”. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 7, n. 2, 2007.

HORVATH, J. E. **O ABCD da Astronomia e Astrofísica**. São Paulo: Livraria da Física, 2008.

IRWIN, A; WYNNE, B. **Misunderstanding Science: The Public Reconstruction of Science and Technology**. London: Routledge, 1996.

JACOBS, K.; WISEMAN, H. M. An entangled web of crime: Bell’s theorem as a short story. **American Journal of Physics**, v. 73, n. 10, p. 932-937, 2005.

JESUS, R. M. V. Escola e Documentário: uma relação antiga. **Revista HISTEDBR**, n. 32, p. 233-242, 2008.

JIDESJÖ, A. Secondary student’s interest in science and technology understood as a media effect. In: **XIV IOSTE International Organization for Science and Technology Education**, June 13-18 2010, Bled, Slovenia.

JUNIOR, M. F. R.; CRUZ, F. F. S. Física moderna e contemporânea na formação de licenciandos em física: necessidades, conflitos e perspectivas. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 2, p. 305 - 21, 2009.

KANTOR, C. A.; PAOLIELLO Jr., L. A.; MENEZES, L. C.; BONETTI, M. C.; CANATO Jr., O.; ALVES, V. M. **Quanta física – volume 3**. São Paulo: Editora PD, 2010.

KLINGER, B. Cave of forgotten dreams: meditations on 3D. **Film Quarterly**, v. 65, n. 3, p. 38 – 43, 2012.

KÖHNLEIN, J. F. K.; PEDUZZI, L. O. Q. Uma discussão sobre a natureza da ciência no ensino médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita. Caderno **Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, p. 36 – 70, 2005.

KUHN, T. S. A estrutura das revoluções científicas. São Paulo: Perspectiva, 2009.

LEÃO, R. C. S. **Werner Herzog em busca da compreensão humana**. Tese (Doutorado em Ciências Sociais) – Departamento de Antropologia, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, São Paulo, 2015.

LOBATO, T.; GRECA, I. M. Análise da inserção de conteúdos de teoria quântica nos currículos de física do ensino médio. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 1, p. 119-132, 2005.

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

MACHADO, D. I; NARDI, R. Construção de conceitos de física moderna e sobre a natureza da ciência com suporte da hipermídia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 28, n. 4, p. 473-485, 2006.

MACKINTOSH, R. S. Telling the world about nuclear physics. **Physics Education**, v. 36, n. 1, p. 35-39, 2001.

MARTINS, I. G. R., GOUVÊA, G., PICCININI, C. Aprendendo com imagens. **Ciência e Cultura**, v.57, n.4, p.38-40, 2005.

MCCLUNE, B.; JARMAN, R. Encouraging and equipping students to engage critically with science in the news: what can we learn from the literature? **Studies in Science Education**, v. 48, n. 1, p.1 - 49, 2012.

MICHINEL, J. L.; BURNHAM, T. F. A socialização do conhecimento científico: um estudo numa perspectiva discursiva. **Investigações em ensino de ciências**, v. 12, n. 3, p. 369-381, 2007.

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; BASTOS FILHO, J. B. A Sistemática Incompreensão

MORAIS, A.; GUERRA A. História e a filosofia da ciência: caminhos para a inserção de temas física moderna no estudo de energia na primeira série do Ensino Médio. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 35, n. 1, p. 1502-1 – 1502-9, 2013.

MORAN, J. M. **Como ver televisão**. São Paulo: Paulinas, 1991.

MORIN, E. **Ciência com consciência**. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2010.

NARDI, R.; CORTELA, B. S. C. **Formação inicial de professores de Física em universidades públicas**. São Paulo: Livraria da Física, 2015.

NICHOLS, B. **Introdução ao documentário**. Campinas: Papyrus, 2010.

NICHOLS, B. A voz do documentário. In: RAMOS, F. P. **Teoria Contemporânea do Cinema – documentário e narrativa ficcional**. São Paulo: SENAC, 2005.

ORLANDI, E. P. **Análise de Discurso: princípios & procedimentos**. Campinas: Pontes, 2010.

ORLANDI, E. P. **Discurso e Texto - Formulação e Circulação dos Sentidos**. Campinas: Pontes, 2008.

ORLANDI, E. P. **Interpretação: autoria, leitura e efeitos do trabalho simbólico**. Petrópolis: Vozes, 1998.

ORLANDI, E. P. **A linguagem e seu funcionamento: as formas do discurso**. São Paulo: Pontes, 1987.

OSTERMANN, F., CAVALCANTI, C. J. H. Física moderna e contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 6, n. 3, p. 267-286, 1999.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Atualização do currículo de Física na Escola de nível médio: um estudo desta problemática na perspectiva de uma experiência em sala de aula e da formação inicial de professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 18, n. 2, p. 135-151, 2001.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H.; PRADO, S. D.; RICCI, T. S. F. Fundamentos da física quântica à luz de um interferômetro virtual de Mach-Zehnder. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 8, n. 3, p. 1094 – 1116, 2009.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. S. F. Conceitos de Física Quântica na formação de professores: relatos de uma experiência didática centrada no uso de experimentos virtuais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 1, p. 09-35, 2005.

PARENTE, F. A. G.; dos SANTOS, A. C. F.; TORT, A. C. O átomo de Bohr no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 36, n. 1, p. 1502-1 – 1502-4, 2014.

PEDUZZI, S. Concepções alternativas em Mecânica. In: PIETROCOLA, M. **Ensino de Física: Conteúdo Metodologia e Epistemologia numa concepção integradora**. Florianópolis: Editora da UFSC, p. 56-76, 1999.

PENA, F. L. A.; FILHO, A. R. Relação entre a pesquisa em ensino de física e a prática docente: dificuldades assinaladas pela literatura nacional da área. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 424 – 438, 2008.

PEREIRA, A.; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. O ensino de física quântica na perspectiva sociocultural: uma análise de um debate entre futuros professores mediado por um interferômetro virtual de Mach- Zehnder. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, v. 8, n. 2, p. 376-398, 2009.

PETTITT, P. Art and the Middle-to-Upper Paleolithic transition in Europe: Comments on the archaeological arguments for an early Upper Paleolithic antiquity of the Grotte Chauvet art. **Journal of Human Evolution**, v. 55, p. 908 – 917, 2008.

PIETROCOLA, M.; FILHO, A. P.; PINHEIRO, T. F. Prática interdisciplinar na formação de professores de ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 8, n. 2, p. 131 – 152, 2002.

PIETROCOLA, M.; POGIBIN, A.; ANDRADE, R.; ROMERO, T. R.; **Física em contextos: pessoal, social, histórico** – volume 3. São Paulo: FTD, 2010.

PINTO, A. C.; ZANETIC, J. É possível levar a física quântica para o ensino médio? **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 16, n. 1. p. 7 – 34, 1999.

RAMOS, G. Documentário e ficção, revendo uma história. In: Debate: cinema, documentário e educação. **Programa Salto para o Futuro (MEC)**. Brasília, ano 13, n. 11, p. 12-18, jun. 2008.

RAMOS, M. B.; SILVA, H. C. Educação em ciência e em audiovisual: olhares para a formação de leitores de ciências. **Caderno Cedes**, v. 34, n. 92, p. 51 – 67, 2014.

RAMOS, M. B. **Na pauta das aulas de ciências: discussão de controvérsias científicas na televisão**. Tese (Doutorado em Ensino e História de Ciências da Terra) – Instituto de Geociências, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

RAMOS, M. B.; SILVA, H. C. Para pensar as controvérsias científicas em aulas de ciências. **Ciência & Ensino**, v. 1, p. 1 – 16, 2007.

RAMSEY, C. B. Radiocarbon dating: revolutions in understanding. **Archaeometry**, v. 50, n. 2, p. 249 – 275, 2008.

REID, G. The television drama-documentary (dramadoc) as a form of science communication. **Public Understanding of Science**, v. 1, p. 1 – 18, 2011.

REID, G.; NORRIS, S. P. Scientific media education in the classroom and beyond: a research agenda for the next decade. **Cultural Studies of Science Education**, v. 11, p. 147 – 166, 2016.

ROQUEPLO, P. **El reparto del saber: ciencia, cultura, divulgación**. Barcelona: Gedisa, 1983.

ROSENTHAL, D. B. Two approaches to science – technology – society (STS) education. **Science Education**, v. 73, n. 5, p. 581 – 589, 1989.

SADIER, B et al. Further constraints on the Chauvet cave artwork elaboration. **Proceedings of the National Academy of Science of the United States of America**, v. 109, n. 21, p. 8002 – 8006, 2012.

SALES, G. L.; VASCONCELOS, F. H. L.; CASTRO FILHO, J. A.; PEQUENO, M. C. Atividades de modelagem exploratória aplicada ao ensino de física moderna com a utilização do objeto de aprendizagem pato quântico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, Seção Produtos e Materiais Didáticos, 2008.

SCHÖN, D. A. **Educando o profissional reflexivo**: um novo design para o ensino e a aprendizagem. Porto Alegre: Artes Médicas, 2000.

SCHAFFER, E. D. A.; OSTERMANN, F. Autonomia profissional de professores: uma análise de entrevistas realizadas num mestrado profissional em ensino de física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 2, p. 287 – 312, 2013.

SILVA, L. F.; CARVALHO, L. M. Professores de física em formação inicial: o ensino de física, a abordagem CTS e os temas controversos. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 1, p. 135 – 148, 2009.

SILVA, H. C. Lendo imagens na educação científica: construção e realidade. **Pro-posições**. v. 17, n. 1, p. 71 – 83, 2006.

SILVA, H. C.; ZIMMERMANN, E.; CARNEIRO, M. H. S.; GASTAL, M. L.; CASSIANO, W. S. Cautela ao usar imagens em aulas de ciências. **Ciência e Educação**, v. 12, n. 2, p. 219 – 233, 2006.

SILVA, A. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. Física quântica no ensino médio: o que dizem as pesquisas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 624-653, 2011.

- SILVA, H. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. O deslocamento de aspectos do funcionamento do discurso pedagógico pela leitura de textos de divulgação científica em aulas de física. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 4, n. 3, p. 1 – 25, 2005.
- SINGH, C. Student understanding of quantum mechanics. **American Journal of Physics**, v. 69, n. 8, p. 885-895, 2001.
- TARDIF, M. **Saberes docentes e formação profissional**. Petrópolis: Vozes, 2003.
- TERRAZAN, E. A. Inovação escolar e pesquisa sobre formação de professores. In: NARDI, R. **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil: alguns recortes**. São Paulo: Escrituras Editora, 2007.
- TERRAZAN, E. A. A inserção da física moderna e contemporânea no ensino de física na escola de 2º grau. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p. 209-214, 1992.
- TORRE, A. C. Reflexiones sobre la enseñanza de la física moderna. **Educacion em Ciências**, v. 2, n. 4, p. 70-71, 1998.
- TRINDADE, J.; FIOLEAIS, C.; GIL, V. Atomic orbitals and their representation: Can 3-D computer graphics help conceptual understanding? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 319-325, 2005.
- VALLADAS, H. Direct radiocarbon dating of prehistoric cave paintings by accelerator mass spectrometry. **Measurement science and technology**, v. 14, p. 1487–1492, 2003.
- VALLADAS, H.; CLOTTE, J.; GENESTE, J.M. A caverna onde a arte nasceu. **Scientific American**, n. 31, 2004.
- VIDAL, F. L. K.; FILHO, L. A. C. R. Escolhendo gêneros audiovisuais para exposições em aulas de Ciências e Biologia: como os professores entendem a referencialidade da imagem. **Alexandria**, v. 3, n. 3, p. 47 - 65, 2010.

WITTMANN, M. C.; STEINBERG, R. C.; REDISH, E. F. Investigating student understanding of quantum physics: spontaneous model of conductivity. **American Journal of Physics**, v. 70, n. 3, p. 218-226, 2002.

XAVIER, I. **O olhar e a cena** – Melodrama, Hollywood, Cinema Novo Nelson Rodrigues. São Paulo: Cosac & Naify, 2003.

YANG, F. Senior high school students' preference and reasoning modes about nuclear energy use. **International Journal of Science Education**, v. 25, n. 2, p. 221-244, 2003.

ZANETIC, J. **Física também é cultura**. Tese (Doutorado) - FEUSP, São Paulo, 1989.

ZANETIC, J. Física e Arte: uma ponte entre duas culturas. **Pro-Posições**, v. 17, n. 1, p. 39 – 57, 2006.

ANEXO I – RELAÇÃO DOS TRABALHOS LIDOS NA DISCIPLINA PRÁTICAS DE ENSINO DE FÍSICA I.

1. Capítulo 1 da Tese do Prof. José de Pinho Alves Filho: A literatura escolar do ensino médio e o laboratório didático no Brasil. Tese de Doutorado: ATIVIDADES EXPERIMENTAIS: DO MÉTODO À PRÁTICA CONSTRUTIVISTA. p.10-60.
2. Pietrocola, M. *Construção e Realidade: o papel do conhecimento físico no conhecimento do mundo*. In: Pietrocola, M. Ensino de Física: conteúdo, metodologia, e epistemologia numa concepção integradora. Editora da UFSC. p.9-32.
3. Peduzzi, S.S. *Concepções alternativas em mecânica*. In: Pietrocola, M. Ensino de Física: conteúdo, metodologia, e epistemologia numa concepção integradora. Editora da UFSC. p.53-76.
4. Peduzzi, L.O.Q. *Sobre a utilização didática da História da Ciência*. In: Pietrocola, M. Ensino de Física: conteúdo, metodologia, e epistemologia numa concepção integradora. Editora da UFSC. p.151-170.
5. Zylbersztajn, A; Cruz, S.M.S.C.S. *O enfoque ciência, tecnologia e sociedade e a aprendizagem centrada em eventos*. In: Pietrocola, M. Ensino de Física: conteúdo, metodologia, e epistemologia numa concepção integradora. Editora da UFSC. p.171-196
6. Capítulo 4 da Tese do Prof. José de Pinho Alves Filho: Análise do laboratório didático à luz da Transposição Didática. Tese de Doutorado: ATIVIDADES EXPERIMENTAIS: DO MÉTODO À PRÁTICA CONSTRUTIVISTA. p.203-248.
7. Roratto, C; Nogueira, C.M.I; Kato, L.A. Ensino de Matemática, História da Matemática e Aprendizagem Significativa: uma combinação possível, *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), p. 117-142, 2011.

8. Assis, A.K.T; Chaib, J.P.M.C. Experiência de Oersted em sala de aula, *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 29(1), p. 41-51, 2007.
9. Klassen, S. The Application of Historical Narrative in Science Learning: The Atlantic Cable Story, *Science & Education*, 16, p. 335-352, 2006.
10. Peduzzi, L.O.Q; Köhnlein, J.F.K. Uma discussão sobre a natureza da ciência no ensino Médio: um exemplo com a teoria da relatividade restrita, *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 22(1), p. 36-70, 2005.

ANEXO II – RELAÇÃO DOS TRABALHOS LIDOS NA DISCIPLINA PESQUISA E PRÁTICA DO ENSINO DE FÍSICA.

1. ANDRÉ, M. E. D. A. **Estudo de caso em pesquisa e avaliação educacional**. Brasília: Liber Livro Editora Ltda, 2005.
2. BEJARANO, N. R. R.; CARVALHO, A. M. P. Tornando-se professor de ciências: crenças e conflitos. **Ciência & Educação**, v. 9, n. 1, p. 1 – 15, 2003.
3. BELLONI, M. L.; BÉVORT, E. Mídia-Educação: conceitos, história e perspectivas. **Educação & Sociedade**, v. 30, n. 109, p. 1081 – 102, 2009.
4. BRASIL. Ministério da Educação: MEC, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCNs+ Ensino Médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da natureza, Matemática e suas tecnologias**. Brasília: MEC, SEMTEC, 2002. p. 59.
5. CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal**. Tradução por Raul Filker. Brasília: Editora Brasiliense, 1993.
6. DIONNE, J.; LAVILLE, C. **A construção do saber**. Porto Alegre: ARTMED, 1999.
7. FILHO, M. P. S.; GRANDINI, C. R. Livros didáticos de física para o ensino médio: uma análise de conteúdo dos níveis operacionais e conceitual das práticas de eletricidade e magnetismo. **IX Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Física**, 2004.
8. FRANCO, M. L. P. B. **Análise de conteúdo**. Brasília: Liber Livro Editora Ltda, 2005.
9. MOREIRA, M. A. **Teorias de aprendizagem**. São Paulo: E.P.U, 2006.
10. NARDI, R. Memórias da educação em ciências no Brasil: a pesquisa em ensino de física. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 1, p. 63 – 101, 2006.

11. OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. H. Física moderna e contemporânea no ensino médio: elaboração de material didático, em forma de pôster, sobre partículas elementares e interações fundamentais. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 16, n. 3, p. 267 – 286, 1999.
12. OSTERMANN, F.; REZENDE, F. A prática do professor e a pesquisa em ensino de física: novos elementos para repensar essa relação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 22, n. 3, p. 316 – 337, 2005.
13. PENA, F. L. A.; FILHO, A. R. Relação entre a pesquisa em ensino de física e a prática docente: dificuldades assinaladas pela literatura nacional da área. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 424 – 438, 2008.
14. PIETROCOLA, M. **Inovação curricular e gerenciamento de riscos didático-pedagógicos: o ensino de conteúdos de Física Moderna e Contemporânea na escola média.** São Paulo/Outubro de 2010/Programação preliminar dos Seminários de Ensino do Programa de Pós-Graduação Interunidades em Ensino de Ciências da Universidade de São Paulo.
15. 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, p. 7 – 34, 1999.
16. SANGIOGO, F. A. et al. A pesquisa educacional como atividade curricular na formação de licenciandos de química. **Ciência & Educação**, v. 17, n. 3, p. 523 – 540, 2011.
17. SANTOS, F. M. T.; GREGA, I. M. A Pesquisa em Ensino de Ciências no Brasil e suas Metodologias. Ijuí: Unijui, 2006.
18. SHÖN, D. A. Formar professores como profissionais reflexivos. In: NÓVOA, A. **Os professores e sua formação.** Lisboa: Dom Quixote, 1995, p. 79 – 91.

19. SILVA, A. C.; ALMEIDA, M. J. P. M. Física quântica no ensino médio: o que dizem as pesquisas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 3, p. 624 - 652, 2011.

ANEXO III – RELAÇÃO DOS TRABALHOS LIDOS NA DISCIPLINA PRÁTICA DO ENSINO DE FÍSICA II E PROGRAMA DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS.

1. BÉVORT, E.; BELLONI, M. L. Mídia-Educação: conceitos, história e perspectivas. **Educação & Sociedade**, v. 30, n. 109, p. 1081 – 1102, 2009.
2. BRAZ Jr., D. **Física moderna** – tópicos para o ensino médio. Campinas: Companhia da Escola, 2002.
3. BRUZZO, C. O documentário em sala de aula. **Ciência & Ensino**, v. 4, p. 23 – 25, 1998.
4. DOMINGUINI, L. Física moderna no ensino médio: com a palavra os autores dos livros didáticos do PNLEM. **Revista brasileira de ensino de física**, v. 34, n. 2, p. 1 – 7, 2012.
5. LEÓN, B. Science documentaries and their coordinates. **Quaderns del CAC**, v. 30, p. 11 – 18, 2008.
6. OSTERMANN, F.; RICCI, T. F. Relatividade restrita no ensino médio: contração de Lorentz-Fitzgerald e aparência visual de objetos relativísticos em livros didáticos de física. **Caderno brasileiro de ensino de física**, v. 19, n. 2, p. 176 – 190, 2002.
7. PAGLIARINI, C. R.; PEREIRA, A. G.; ALMEIDA, M. J. P. M. **O efeito fotoelétrico em livros didáticos do PNLD 2012**, XIV Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – Maresias – 2012.
8. SILVA, H. C. O que é divulgação científica? **Ciência & Ensino**, v. 1, n. 1, p. 53 – 59, 2006
9. ZANETIC, J. Física e Cultura. **Ciência e Cultura**, v. 57, n. 3, p. 21 – 24, 2005.

10. FARIAS, R. F. A química do tempo: Carbono-14. **Química Nova na Escola**, n. 16, p. 6 – 8, 2002.

11. VALLADAS, H.; CLOTES, J.; GENESTE, J.M. A caverna onde a arte nasceu. **Scientific American**, n. 31, 2004.

PROGRAMA DAS ATIVIDADES DESENVOLVIDAS

AULA	PROGRAMA
1	Apresentação da disciplina: conteúdos, metodologia, critérios de notas, descrição da pesquisa realizada pelo professor.
2	Apresentação do Plano de aula pelos licenciandos.
3	Os principais tipos de documentários de divulgação científica e seus usos em sala de aula.
4	Os principais tipos de documentários de divulgação científica e seus usos em sala de aula.
5	Física moderna no ensino médio: leituras de artigos e propostas de atividades.
6	Física moderna no ensino médio: leituras de artigos e propostas de atividades.
7	Aula sobre a temática do Carbono 14. Entrega dos textos de Divulgação Científica sobre a Caverna de Chauvet e o Carbono-14.
8	Documentário: Cave of forgotten dreams (A caverna dos sonhos esquecidos), Werner Herzog, 2010.
9	Atividade sobre o documentário: Cave of forgotten dreams (A caverna dos sonhos esquecidos).
10	Atividade sobre o documentário: Cave of forgotten dreams (A caverna dos sonhos esquecidos).
11	Atividade sobre o documentário: Cave of forgotten dreams (A caverna dos sonhos esquecidos).
12	Proposta de minicurso de Larissa. Tema: Onde estão todos os outros? Documentário: Estamos sozinhos no universo? (BBC, 2008).
13	Proposta de minicurso de Márcio. Tema: Energia Nuclear: equação de

	Einstein. Documentário: Einstein e a equação de vida e morte. (BBC, 2005).
14	Proposta de minicurso de Fernanda. Tema: Física Moderna: aplicações tecnológicas. Documentário: Como a ciência mudou o nosso mundo? (BBC, 2010)
15	Proposta de minicurso de Breno (não apresentou). Tema: Viagem no tempo. Documentário: Viagem no Tempo. (BBC, 2003).

ANEXO IV – ATIVIDADES REALIZADAS COM O DOCUMENTÁRIO A CAVERNA DOS SONHOS ESQUECIDOS.

Questionário elaborado pelo professor sobre o documentário

1. Você considera a linguagem usada no documentário adequado para a faixa etária de alunos do ensino médio? Fundamente sua resposta.
2. Você considera o fato do documentário ser em alta definição importante para o contexto de sala de aula? Fundamente sua resposta.
3. Vocês acham que numa situação de sala de aula é melhor passar o documentário inteiro ou selecionar alguns trechos? Fundamente sua resposta.
4. Numa perspectiva de aula onde é importante considerar as diferentes formas de mediação (vídeos, simulações, atividades demonstrativas etc) e aspectos de interdisciplinaridade, qual a importância do documentário que acabamos de assistir?
5. Durante o documentário são mencionadas várias datas de ocorrência de eventos no passado.
 - a) Como você acha que os cientistas sabem estas datas?
 - b) O que a física tem a ver com isso?

Alguns pesquisadores na área de ensino de ciências já perceberam que alguns documentários apresentam uma forma de ciência que eles chamam de “final form science”, ou seja, a narrativa do documentário “apaga” alguns aspectos controversos dos assuntos tratados no documentário e apresentam apenas resultados “indiscutivelmente comprovados” pela ciência. Você percebeu estes aspectos neste documentário? Em caso positivo, saberia indicar formas de discutir estes aspectos em sala de aula?

Questionário elaborado pelos licenciandos sobre o documentário.

Larissa:

1. Segundo a teoria da evolução das espécies, por Charles Darwin, afirma que as espécies atuais descendem de outras espécies que sofreram modificações, através dos tempos. Vários dos desenhos representado na caverna, representa animais que hoje tem características diferentes. Em quais animais representados na caverna podemos relacionar a teoria proposta por Darwin? E quais são as diferenças com os animais presentes hoje.
2. Muitos trabalhos científicos foram realizados usando a Caverna de Chauvet. Porém o objetivo principal dos estudos atualmente é o de criar historias, sobre do que pode ter ocorrido na caverna no passado. Em sua opinião, o que poderia ter ocorrido, o que levou estes homens a criarem tais desenhos neste grau de complexidade?
3. Uma questão pertinente apresentada no documentário é: "Seremos capazes de compreender a visão dos artistas através desse abismo de tempo?". Em sua opinião, esta pergunta pode ser respondida? Justifique sucintamente.
4. A Figura 1 representa alces, percebemos que neste desenho temos dois alces, um sobreposto ao outro. Num primeiro momento, os desenhos não apresentam diferenças estilísticas, porém a diferença entre os dois desenhos são de quase 5 mil anos. Como foi possível tal datação, explique um pouco como é feito esse tipo de técnica?



Figura 1 - Dois alces sobrepostos

5. Nos primórdios da história o homem fazia seus desenhos nas paredes das cavernas, hoje em vários pontos da cidade temos desenhos como mostrados na Figura 2, num muro da cidade de Sorocaba, esta arte é o grafite. O que temos de semelhança nestes dois tipos desenhos? Qual é a necessidade que destes dois indivíduos tiveram em representar seus desenhos?



Figura 2 - Na figura a esquerda temos o painel de rinocerontes desenhados na Caverna Chauvet, na figura a direita temos um grafite desenhado por Will Grafitti, localizado na Avenida Juscelino Kubitschek, Sorocaba – SP.

Márcio:

1. Você consegue “enxergar” a Física neste documentário? Cite algum(s) conceito(s) que você identificou (pode citar algum exemplo mesmo que você não tenha certeza se é ou não relacionado a Física).
2. Em uma parte do documentário, é citada a utilização da luz fria. O que seria este tipo de luz? Qual a importância de se utilizar este tipo de luz em um ambiente como aquele do documentário?
3. O mapeamento da caverna foi feito a partir de scanners à laser. Você imaginava que o laser teria tal utilidade? Onde mais, você acha que os lasers estão presentes no nosso cotidiano?
4. Com base no documentário, na sua experiência de vida e em seus conhecimentos de Física, como você interpretaria a frase “...a caverna é como um momento congelado no tempo” dita pelo locutor do documentário logo nos primeiros minutos.

Fernanda:

1. Você consegue relacionar o documentário com a física? E com as outras disciplinas? Justifique sua resposta.
2. Porque os pesquisadores não podiam tocar na caverna? O que aconteceria se eles não andassem sobre a trilha de sessenta centímetros?
3. Como eles conseguem saber a data da caverna e conhecer os ossos e rastros deixados pelos animais?
4. O que vocês acharam do documentário? Justifique sua resposta.

Transcrição dos diálogos sobre o documentário.

Professor: vocês leram o texto que eu passei sobre o Carbono-14 na aula passada?

Breno: Eu li. Achei que as questões tratadas no texto sobre o C-14 fossem ser tratadas no documentário. Nem fala nada.

Professor: É. O documentário fala só os resultados.

Breno: Eu achei que ele fosse falar como funciona o processo.

Professor: De fato ele não fala.

Breno: eu achei que fosse falar um pouco.

Professor: E o que você com relação a... Pelo fato de não falar. Você acha que isso seria importante falar numa aula de Ensino Médio? Você acha que o vídeo deveria falar isso?

Breno: Sim eu acho que sim. Porque eu acho que o aluno deve saber a importância dessa parte com a física. Porque ele não ta esperando isso.

Professor: Então pessoal é o seguinte. Nós trabalhamos passando o documentário e vocês estão respondendo algumas questões. A minha ideia inicial era trabalhar com questões, seria um tipo de atividade que eu faria em sala de aula. Então a ideia foi construir essa atividade com vocês, a cronologia da atividade eu escolhi, mas junto com vocês ficaram responsáveis por fazer as perguntas que eu pedi. Então a questão inicial que iremos discutir é a seguinte: o documentário dá uma ideia, mesmo que subjetivamente, de que pode ser trabalhado focando a questão da multidisciplinaridade. Aparentemente essa ideia não é percebida numa primeira visão, ou seja, ao assistirmos pela primeira vez não nos é dado claramente que o assunto tratado no documentário tem relação com as disciplinas ou áreas do conhecimento, como física, química, arte, por exemplo. Supondo a importância de termos uma problemática inicial quando começamos a falar

sobre determinado assunto em sala de aula, vocês acham que o documentário por si só traz essa problemática inicial?

Breno: Eu acho assim, se o aluno não teve nenhum contato com esse assunto do carbono-14 ele vai passar despercebido. Eu, por exemplo, já tinha ouvido falar porque eu faço física, caso contrário, até entrar na faculdade eu não tinha ouvido falar de carbono-14 não sabia nem o que era. Então o aluno não vai nem prestar a atenção nesses detalhes. Ele não vai conseguir relacionar com a física aquilo que foi passado no documentário sem antes termos algum contato com esse assunto.

Professor: Vocês trabalhariam com este documentário, se vocês fossem utilizar então esse documentário que sugestão vocês dão?

Breno: Eu gostaria de trabalhar com este documentário. Mas eu trataria do assunto antes sobre o Carbono-14, aí eu passaria o documentário sem mencionar que tem relação com a matéria que foi dada pra ver se eles...

Professor: Você passaria depois de dar a matéria?

Breno: Depois de dar o assunto sobre o Carbono-14, nem que eu trabalhasse a fundo o assunto, mas primeiro eu iria situar eles nesse tipo de assunto.

Professor: E você Márcio o que acha?

Márcio: Eu deixaria claro no objetivo não só a relação com o Carbono-14, mas deixaria... Pediria para que eles prestassem atenção em possíveis conceitos relacionados à física. O que eles conseguiriam enxergar da física no documentário.

Professor: Isso seria uma questão que você colocaria antes de passar o documentário?

Márcio: Sim. Logo de início. E aí depois trabalhar o conceito que eles precisariam. Porque assim além do Carbono-14 ele faz citação da luz fria, do laser, então vários conceitos para trabalhar.

Breno: Então era isso que eu ia falar. Será que não são conceitos que não tem ligação entre si. Porque depois se você fosse trabalhar todos eles não sobraria muito tempo para relacionar todas as disciplinas. Por isso eu pensei em escolher o Carbono-14 para relacionar. A não ser que você dê muitas aulas né... Porque precisaria de muito tempo para falar de todos os conceitos com multidisciplinaridade ficaria algo muito extenso.

Fernanda: O que o Breno falou eu fiquei pensando. Talvez fazer igual ao que o Márcio falou, porque aí o aluno não só assiste o documentário, assistir por assistir, e sim começar a prestar mais atenção a ter com que se preocupar, saber analisar porque aí ele vai ficar até com mais dúvidas. Mas porque isso? Porque a gente quando assistiu já sabia do carbono-14, mas como o Bruno falou a questão do tempo mesmo.

Professor: Uma questão que o Márcio colocou e você contrapôs e eu achei interessante. Talvez a questão central não é o Carbono-14. No meu caso eu achei mais interessante este assunto, mas às vezes, pode ser qualquer que vocês achem interessante. Pode trabalhar, por exemplo, pode colocar o objetivo mais abrangente. Por exemplo, colocar a questão: quais foram as contribuições da Física Moderna para iluminar a história da arte? Aí sim poderíamos entrar com a questão do laser, da luz fria, etc. Se o objetivo é abordar o tema da radioatividade aí poderíamos usar o Carbono-14.

Breno: Eu falo, por exemplo, se o aluno nunca estudou laser, carbono-14 são temas não trabalhados no Ensino Médio. E o aluno não sabe como funciona o laser, não sabe como funciona o processo do Carbono-14. Ele vai ter esse tipo de dúvida só que talvez não dê tempo de você explicar e ensinar todas essas coisas. Eu acho assim que ocuparia muito tempo.

Professor: Então você acha que tá mais relacionado a questão do tempo? É um fator importante?

Breno: A metade do documentário que você passou já ocuparia uma aula completa no ensino Médio. Aí na semana seguinte trabalhar o conceito que eles viram. Ai tem mais conceitos relacionando com outras disciplinas... É muito tempo.

Fernanda: Eu acho que se é um assunto que o aluno tem interesse você tem que “perder tempo” para explicar pra ele.

Breno: Acho que essa atividade pode até durar o semestre todo. São apenas duas aulas de Física por semana. Quatro semanas por mês...

Fernanda: Pode criar sei lá... Estratégias...

Professor: Eu entendi sua colocação. Analisando a questão do uso do documentário, o que vocês acharão do documentário? Pensando da seguinte forma: o que vocês acharam do documentário pensando que este seria usado em sala de aula?

Márcio: Eu achei a linguagem um pouco chata. Não a linguagem, mas a narração.

Breno: É eu tinha falado que era sensacionalista.

Professor: Porque você falou que acha sensacionalista?

Breno: O modo como ele trata as coisas... Querendo impor um sentimento, eu não gostei não.

Fernanda: Acho que é igual ao professor falou. Aquela é a área dele, que não é a física, então a narração é diferente.

Professor: Você vê uma imagem, por exemplo, a imagem de um buraco negro. O que você pensa quando você vê a imagem de um buraco negro. Relacionando com a física. Quais conceitos da física você relaciona àquela imagem?

Breno: Num campo gravitacional muito forte que puxa até a luz. Então não tem nem como ter a imagem né...

Professor: Aquela imagem não pode ser considerada real. Ela é uma representação. Isso deve ficar claro para vocês. Quando vocês forem trabalhar com imagens no Ensino Médio vocês

devem tomar esse cuidado. A imagem é uma representação do real. Quando você tem uma “foto” de um átomo e o aluno do Ensino Médio vê aquilo, ele pode não estar vendo aquilo como uma representação. Talvez ele vê como uma imagem real. Quando ele vê a imagem de um buraco negro talvez ele também vê aquilo como uma imagem real. Um exemplo clássico disso é a imagem de um buraco negro e uma estrela próxima e o buraco negro puxa a luz da estrela. Aquilo é uma representação. A questão que eu gostaria de discutir é: vocês acreditam que a imagem de buracos negros, átomos, spin, transmitem alguma informação a respeito do que representam. Então a questão que eu gostaria de discutir é: no caso do documentário, o arqueólogo quando vê aquela imagem pintada na parede, ele vê um tipo de representação. Quando nós olhamos, o que a gente vê? Muito pouco. Construimos outros significados a respeito dela. O que eu queria colocar é: há tanta informação arqueológica e coerência na representação que o arqueólogo faz daquela imagem quanto a representação que nós, como físicos, fazemos quando vemos uma imagem de um buraco negro. Se pararmos para pensar, quando a arqueóloga do documentário descreve a imagem e os possíveis acontecimentos associados a ela, isso carrega tanta verdade quanto às informações que retiramos de uma imagem de um buraco negro. Agora mudando de assunto a minha pergunta é: como vocês avaliariam os alunos neste tipo de atividades? Ou seja, trabalhando com documentários?

Breno: Depende do foco do documentário. Se o foco é criar uma polêmica para depois termos discussão, aí eu acho que o caminho seria pedir uma espécie de um texto após as discussões sobre o que ele entendeu e a relação com aquilo que foi passado. Então acho que depende do foco da atividade. Se for focar mais no documentário aí pedir pra ele elaborar questões elaborar algum outro tipo de coisa relacionado a isso.

Márcio: Eu acho que eu seguiria essa linha do Breno também.

Professor: Vocês acham que esse tipo de atividade que nós fizemos aqui, com documentários e textos de divulgação científica, despertam a curiosidade por aprender mais sobre aquele assunto posteriormente? Vamos supor que você, como professor do Ensino Médio, vá trabalhar o assunto decaimento radioativo. O que você acha que é mais eficaz para despertar uma possível curiosidade do aluno, um gosto pelo assunto: você aprofundar matematicamente esse assunto ou falar o assunto parecido com as atividades que nós fizemos aqui?

Fernanda: Fazendo atividades iguais a essa que fizemos aqui. Quanto menos matemática tiver melhor.

Breno: Concordo.

Márcio: Eu também.

Professor: Porque vocês acham então que se faz o contrario. Ou seja, porque as aulas de física do ensino médio contém muita matemática?

Fernanda: É mais cômodo, é mais fácil, sempre foi assim.

Breno: Ninguém faz esse tipo de atividade que o professor fez aqui na graduação. Ninguém trabalha isso na graduação. Aí o professor não sabe como fazer com esse tipo de situação. Ele só vê as contas e repete no Ensino Médio.

Fernanda: Daí ele vai ter que pesquisar e ter todo aquele trabalho. Vai ter que ir afundo é bem mais cômodo ele passar o que já tá pronto ali no livro.

ANEXO V – TRANSCRIÇÃO DA APRESENTAÇÃO DOS PLANOS DE AULA.

Larissa

Professor: Você chegou a assistir o documentário Larissa? Achou legal?

Larissa: Sim.

Larissa: O tema que eu escolhi na verdade... do mini curso eu fiz como se fosse uma aula. Então o tema é o Big Bang. Os objetivos: Estudar a teoria do big bang, através de matérias de jornais e revistas de divulgação científica, fazendo relações com os estudos realizados pelo CERN. Porque que eu escolhi isso aqui, às vezes eles não relacionam uma coisa com outra, e às vezes eles perguntam, o que que faz um CERN, o que é um acelerador de partículas então tem como relacionar isso com o big bang.

Professor: até porque alguns noticiários trazem né que é a maquina do big bang.

Larissa: É... A máquina do big bang.

Professor: Então isso fica na cabeça do aluno.

Larissa: Conteúdos: a teoria do big bang, Edwin Hubble, matéria escura, partículas elementares, LHC é isso. Ah Professor eu fiz isso daqui por que eu acho que é interessante e o livro do quanta física faz. Então quando você vai dar uma atividade, principalmente quando você vai avaliar... O Saesp e eles pedem pra você ver quais são as competências e habilidades que aquela questão ta envolvida, então eu fiz isso de frescura, mas... Eu acho que é legal e outra eu achei isso aqui no livro do Pietrocola:

C5 – entender métodos e procedimentos próprios das ciências naturais e aplicá-los em diferentes contextos.

H17 – Relacionar informações apresentadas em diferentes formas de linguagens e representação usadas nas ciências físicas, como texto discursivo, gráficos, tabelas, relações matemáticas ou linguagem simbólica.

C6 – Apropriar-se de conhecimentos da Física, para em situações problema, interpretar, avaliar ou planejar intervenções científico-tecnológicas.

H20 – Caracterizar causas ou efeitos dos movimentos de partículas, substâncias, objetos ou corpos celestes.

O tempo estimado eu coloquei como 3 horas aulas mais assim, duas horas/aula pra gente ta discutindo em sala de aula e o documentário têm 54 min.

Professor: você iria passar o documentário completo?

Larissa: Eu achei interessante professor porque tem muita coisa relacionada. Os procedimentos eu tava pensando em colocar uma questão chave, por exemplo, aqui: Em 1929, Edwin Hubble descobriu que o universo esta em constante expansão, quais relações podemos associar a este fato? Que os alunos sabem sobre isso? Porque no Hubble eles já ouviram falar, eles sabem que tem um telescópio chamado Hubble. Mas o que é isso? Quem que é esse cara? Porque que tem esse nome? Então ouvir o que os alunos têm pra dizer.

Tem várias matérias da Scientific American, da Galileu, assim... tem gente que é contra algumas revistas, por exemplo Galileu, a Super Interessante, mas eu acho assim se ele ta divulgando nem tudo que ta escrito lá é errado, é mentira...

Professor: Mesmo que seja errado, é bom você trabalhar na sala de aula o erro...

Larissa: Pra eles poderem discutir ...

Professor: Exatamente... Sempre que você faz uma crítica com relação a revista, essa crítica depende de como você vai usar a revista.... Se você for usar a revista justamente pra discutir em

sala de aula alguns pontos, alguns conceitos que foram colocados incorretamente por exemplo isso é ótimo.

Larissa: Então porque eu assim peguei assim varias matérias da revista Scientific American e peguei um texto que tava na internet “O big bang” e era da Ciência e Educação, uma coisa assim, era um texto muito bom em questões do aprendizado, mas eu acho que nessa parte quando você ta discutindo Física Moderna... Ehhh... É imprescindível que você tem que colocar muita imagem o aluno precisa de muita imagem. Em todas as matérias que eu procurei e li todas elas faz relação com: LHC, faz relação com Matéria Escura, Energia Escura e na hora que eu vi o documentário toda vez que ele relacionava Matéria Escura ele colocava um fluido preto mexendo daí eu fiquei pensando será que isso mexe com a cabeça do aluno, porque Matéria Escura e Energia Escura não se sabe a forma, não se sabe como é, ai que eu pensei isso ai vai dar uma concepção alternativa pro aluno daquilo que é fluido que ta coisando né na verdade não é... Então da pra gente discutir isso também. Então aqui os textos não são muito grande e são muito ricos em imagens. Então se o aluno quiser ler o texto em si geralmente a gente mostra aquele desenho da evolução do universo.

O documentário eu achei bom passar ele inteiro porque, por exemplo, no caso aqui do redshift e da radiação cósmica de fundo, da matéria escura tudo isso aqui mostra lá. O que é, por exemplo, redshift? Ai ele mostra, ele da um exemplo do efeito Doppler né, que está se afastando que está aumentando o comprimento de onda e tudo mais. Então o documentário dá um exemplo fácil e o aluno consegue lembrar daquilo. Por exemplo, essa matéria... É lógico isso pode começar em qualquer ano... Mas, por exemplo, o que você vê em cosmologia ta na grade do 1º ano e ele não viu ainda comprimento de onda, ele não viu ainda o que é física das partículas elementares, então eu acho que o documentário completo vai abrir os olhos dele. Consegue enxergar mais.

Orientar os alunos a fazer anotações e observações sobre qualquer coisa que chamou a atenção ao verem o documentário. Discutir as anotações observadas pelos alunos. Ao final da atividade desta aula, porque, por exemplo, eu não fiz nenhum método avaliativo, mas eu esperava que os alunos aprendessem algo.

Professor: Mas aquelas perguntas que você colocou lá são os alunos que vão responder não vão?

Larissa: Sim. Ao final da atividade espera-se que os alunos possam ter um conhecimento... Eu acho assim que, por exemplo, o Hubble... Eles não precisam saber a fórmula... Eu acho que quando você tá preparando o minicurso depende também do que você tá querendo tratar. Eu acho assim que nesse caso é muito mais interessante ele saber o que é a expansão do universo, que o universo está se expandindo do que ele calcular o tempo em que o universo está aí. Eu acho isso... Porque na escola onde eu dou aula tem uma biblioteca que tá sempre vazia e lá tem livros do Galileu, tem Scientific American tem livros de Astronomia tá sempre lá tá sempre vazia.

Professor: Você sabe a frequência com que os alunos pegam essas revistas?

Larissa: Olha eu não tenho dados, mas tem a bibliotecária. Visualmente eu quase não vejo.

Professor: Você falou também do artigo da Ciência e Educação.

Larissa: É eu trouxe aqui...

Professor: Posso dar uma olhada?

Larissa: Sim. Continuando... Uma vez uma menina me perguntou que no buraco negro tava um funil, ela falou assim: aquele funil lá leva pra onde professora? É igual ao triângulo das bermudas?

Fernanda

Fernanda: o assunto que eu escolhi é o laser. Os principais objetivos são: **1.** Conectar o ensino da Física Moderna ao cotidiano do aluno, servindo como instrumento eficaz para a compreensão

do mundo em que vivemos e de suas transformações científico-tecnológicas. Como aprendemos ao ensinar física, e também aqui na Universidade nas disciplinas de Práticas Pedagógicas, que é sempre importante levar a Física Moderna e também relacionar aos científico-tecnológicos ou cotidiano do aluno. Porque não adianta nada ficar passando só a Física Clássica... E o que o mundo ta vivenciando? Então eu acho muito importante isso. **2.** Interpretar através da história da ciência a importância do laser e sua influencia nas diversas aplicações. **3.** Identificar a relação entre Ciência, Tecnologia e Sociedade, relacionando o raio laser com outras descobertas presentes na História da Ciência; como a radioatividade, os supercondutores, a eletricidade, analisando os impactos sociais produzidos, assim como seus efeitos no estilo de vida das pessoas. **4.** Reconhecer que o simples uso de um laser permite a visualização de um dado efeito como função de vários parâmetros, facilitando o aprendizado. Então eu procurei utilizar um pouco de História da Ciência para reconhecer como surgiu o laser, porque é um dispositivo que tem só meio século e a implicação que ele tem em tudo na ciência e na tecnologia e também o impacto que ele traz para a sociedade.

Para o Conteúdo de Ensino eu trabalharia: **1.** Um pouco da história do laser; **2.** Funcionamento do laser; **3.** Tipos de laser; **4.** Aplicações do laser no dia-a-dia. Daí seriam duas aulas. Eu acho que seria suficiente pra tudo isso.

Abordagem metodológica dos conteúdos. **1.** Atividade experimental do livro Física em Contextos (PIETROCOLA et al, 2010, v. 3, p. 450). Eu pensei inicialmente trabalhar com uma atividade experimental que tem no livro Física em Contextos. A atividade é comparar o laser com uma lanterna, afim de que o aluno investigue qual a diferença... Porque acontece isso... Para ele fazer observação... Ele investigar o laser. **2.** História da Ciência. Como surgiu... Primeiro tinha o *maser* como surgiu e tudo mais. **3.** Ciência, Tecnologia e Sociedade. Depois... Através da aula expositiva, colocar o seu funcionamento, as aplicações e também o seu impacto na ciência e

tecnologia e sociedade. **4.** Simulador do PhEt – Lasers. E também usar um simulador do PhEt que fala sobre o laser a fim de que o aluno comprove o seu funcionamento e conheça os componentes do laser.

Atividades Avaliativas. Eu pensei inicialmente em **1.** Questões da Atividade experimental (antes e depois). Colocá-las num roteiro antes, e também depois, porque eles vão responder sem muito conhecimento da diferença entre o laser e a lanterna porque também tem o princípio das fibras óptica. Tem um experimento bem legal pra fazer com laser e depois no final ele responde pra ver se realmente ele compreendeu ou não. **2.** Texto argumentativo. E também a fim de que ele faça um texto argumentativo o que ele imaginava ser o laser, o que ele entendeu sobre o laser, falar sobre as aplicações, porque são várias as aplicações tanto na medicina, na área militar, em tudo.

Bibliografia. Então a bibliografia que eu utilizei foi do Pietrocola, o Cantor também fala alguma coisa sobre o laser. O GREF você já viu Professor?

Professor: Já.

Fernanda: Ele tem bastante coisa legal porque ele traz também aqueles tubos óticos... Demonstra o laser de rubi, explica como funciona como foi construído. Daí o livro do Braz Jr. Física Moderna. Esse livro eu encontrei no ebooks do Google sobre aplicações do laser. É muito completo. A abordagem do assunto que ele tem abre a mente do aluno. E também um site que bastante do filme Guerra nas Estrelas eu até pensei em colocar esse do Guedes e Moreira.

Márcio

Márcio: Bom... Eu vou fazer a apresentação do Plano de Aula. O tema que eu escolhi foi Energia Nuclear e Bomba Atômica. Os objetivos de ensino né... Então já pensando na parte metodológica.... Eu pensei em fazer uma abordagem CTS. Foi então que eu pensei nos

Objetivos. 1. Fazer com que o aluno tenha uma visão geral dos modelos atômicos. 2. Discutir as consequências dos descobrimentos científicos sobre a sociedade. Quer dizer... O conhecimento científico tentar passar isso pro aluno. 3. Entender o conceito básico da energia nuclear. 4. Questionar a existência de armamentos como a bomba atômica. Mostrar também que ela... deriva da... Está intimamente relacionada com a ciência... Mostrar, assim como anteriormente, a ciência não é neutra né... 5. Debater sobre os principais meios de obtenção de energia e seus impactos. Então não ficar focado somente na energia... No meio de obtenção de energia elétrica por meio da energia atômica. Fazer um adendo também aos outros meios e tentar gerar uma discussão com os alunos. 6. Discutir sobre os benefícios e perigos da energia nuclear. Bom, os **Conteúdos de Ensino.** Bom, como seria... Vai ser um minicurso, eu fui pensando no que o tema energia nuclear... Principalmente no que energia nuclear traria né... Por exemplo, energia nuclear traz a ideia de átomo, assim eu achei interessante fazer uma abordagem sobre os modelos atômicos, passar uma visão para os alunos do que seria o átomo. 1. Entendendo o que é o átomo de Demócrito a Schrodinger. Então trazer uma abordagem desse tema.

Professor: Ai Marcio, uma sugestão até pra quando você for fazer o minicurso mesmo né que é a seguinte: você pode partir do pressuposto que esse conteúdo de energia nuclear... Certo? Se você vai trabalhar com esse conteúdo você pode partir do pressuposto que já foi trabalhado, por exemplo, com os alunos a ideia de átomo... tá... porque a questão que eu vi lá... São quatro aulas né... Então o meu medo é que nessas quatro aulas... O seu objetivo é discutir o que? Um dos objetivos principais é discutir a questão da energia nuclear tudo bem? Esse é o seu objetivo principal... Esse é o objetivo que vai nortear as quatro aulas tudo bem? Estou partindo desse pressuposto. Então, parece que você dividiu, no plano de aula, se não me engano, parece que duas aulas pra essa ideia da discussão do átomo e mais duas aulas pra discutir a questão mesmo da energia nuclear. Entao, talvez, ai você depois vê como você vai dispor a fazer o minicurso, você

pode partir do pressuposto que os alunos já conheçam a ideia do que é o átomo. Ou pelo menos os principais constituintes do átomo né... Ou que os alunos tenham noção sobre o modelo que é aceito atualmente para explicar os fenômenos relacionados ao átomo. Por exemplo, muitas vezes sim, por exemplo, os alunos do ensino médio eles a questão do átomo na parte de química, na parte de física, tem discussão de átomo na parte de física?

Larissa: tem. Tem nos modelos atômicos.

Professor: Tem nos modelos atômicos?

Larissa: que é no Terceiro ano.

Professor: Mas em física, não em química?

Larissa: Em Física.

Professor: Entao o aluno já tem certo conhecimento prévio. Então assim, num to falando pra você descartar essa discussão do átomo, mas falando pra você condensar um pouco.

Márcio: A sim. Porque que eu pensei nisso daí. Quando eu tava no PIBID nós fizemos um trabalho também relacionado à energia atômica com o terceiro ano. Assim muitos dos questionamentos deram origem essa minha ideia aqui de discutir o que é o átomo, o que é radiação, porque era um conceito que pra eles, apesar de supostamente eles já terem visto... Era muito vago.

Professor: Então assim... Se essa ideia partiu de uma experiência sua fique com essa ideia.

Márcio: Voltando então... 2. As principais características dos modelos atômicos. 3. Quais as consequências desses desenvolvimentos de modelo atômico para a sociedade. Também, tentar debater também... Tem os modelos... Mas o que isso, digamos afeta a vida dos alunos, a sociedade em si né... Tentar mostrar que muito do que a gente tem hoje de tecnologia é baseado no modelo atual de átomo. 4. A origem dos elementos químicos. Com isso, a gente discutiu o que é o átomo, mas, de onde ele veio. De onde surge né... Trazer um breve contexto sobre isso

também. Os elementos químicos e a origem... E já dar uma boa introdução sobre os elementos pesados e a instabilidade do Urânio. 5. O que é radiação? Os tipos de radiação. Quais as suas consequências para o organismo e meio ambiente. Também como disse, radiação matava, radiação mata, então era pra todo mundo ta morto.

Márcio: Achei interessante falar também sobre o contador Geiger. Ele é geralmente utilizado em filmes e também o pessoal pergunta bastante: O que é aquele aparelhinho, o que ele faz? Continuando... **Conteúdos de Ensino.** 1. Energia Nuclear. 1.a. Os primeiros estudos sobre a energia nuclear. O próximo conteúdo seria energia nuclear, fazer um breve histórico dos primeiros estudos, de onde que veio essa ideia, do potencial de aplicação da energia nuclear. 1.b. O enriquecimento de Urânio e o Brasil. O Brasil tem uma tecnologia desenvolvida pela Marinha junto com a USP que é de muito interesse, principalmente pelos Estados Unidos, pelos países que usam enriquecimento de Urânio porque é um dos métodos mais baratos... Então a gente tem uma tecnologia aqui nós exportamos e também tem toda uma questão econômica que de certa forma está relacionada à ciência e ligada a política também. Então tentar abordar de alguma forma essa discussão com os alunos.

Professor: Seria interessante você mobilizá-los no sentido de, por exemplo, uma leitura, de uma reportagem, por exemplo, de uma reportagem que saiu, sobre o método de enriquecimento de Urânio no Brasil, ou trazer uma leitura também que problematiza, que dualiza. Porque há um debate no Brasil sobre a energia nuclear né. Entao, por exemplo, Angra III está sendo construída né... Assim, tem um lado que é... Defende sua construção, e outro que diz que o Brasil não precisa mais de energia nuclear. E tem muita reportagem disso na mídia. Com imagens, vídeos, etc. Então quando você usa o termo “mobilizar” os alunos, ou seja, discutir com os alunos, pense numa forma de como os alunos podem trabalhar e discutir essas questões em sala de aula. Por exemplo, você numa atitude passiva em sala de aula, invertendo os papéis, você apenas mediando

essas discussões. Mas pense numa mobilização dos alunos onde eles fazem a leitura, onde eles trabalham, eles discutem e você faz a mediação dessa discussão, mas o engajamento é por parte do aluno. Agora como você vai estruturar isso é uma questão sua.

Márcio: Continuando... 1.c. Como funciona uma usina nuclear. Vantagens e desvantagens. Achei interessante discutir os acontecimentos em Chernobyl e no Japão. As usinas no Brasil. Fazer uma discussão sobre isso. E tem até uma reportagem interessante no CQC que durante o treinamento de evacuação eles demoraram 2 horas o que era para ser feito em 15 minutos. Como assim né?

Professor: É.

Márcio: 1.d. O funcionamento de uma bomba atômica. Mostrar o papel da ciência durante a Segunda Guerra, no Projeto Manhattan que reuniu várias “celebridades”, não sei é celebridade ou não.

Professor: No mundo da física é.

Márcio: É até um pouco maniqueísta, para o bem ou para o mal. Debater sobre o ataque ao Japão. Sobre o que aconteceu. Tem uma imagem interessante, interessante entre aspas né, que é a o vulto da pessoa carbonizada que tem até hoje no instituto de história, me fugiu agora, no Japão.

Professor: Em Hiroshima?

Márcio: Isso. **Conteúdos de Ensino.** 1.e. Energia nuclear e medicina. Da mesma forma que a energia nuclear é usada tanto pra guerra, pra armamento pra energia elétrica ela também é usada na medicina, então mostrar esse ponto positivo também da energia nuclear. Por fim fazer um adendo aos outros meios de obtenção de energia elétrica como termoelétrica, solar e hidroelétrica. Mostrar também que cada uma tem uma consequência né tanto para o meio ambiente quanto para o entorno das usinas. E aí fazer um balanço né... Quais os impactos de cada uma no meio ambiente, na sociedade e quais as vantagens e desvantagens de cada uma. **Abordagem metodológica dos conteúdos.** E aí como o professor mesmo falou, tentar, para os alunos

fazerem. A abordagem eu pensei em quatro aulas. 1.a. O tema energia nuclear e bomba atômica será trabalhado em 4 aulas, cada uma com 50 minutos. 1.b. Busca-se uma abordagem CTS do tema. 1.c. A abordagem do tema será feita por meio de trechos de documentários, reportagens, uso de simuladores de computador e aulas expositivas. Mas sempre buscando, eu num coloquei né, mas sempre buscando a participação do aluno. 1.d. Durante as aulas buscar a participação efetiva dos alunos, e sempre que isso ocorrer será feito o registro, tanto pelos alunos, quanto pelo professor do que foi dito. E eu pensei também em fazer um registro, porque depois de transcorrer as aulas, mostrar esse registro para os alunos, por exemplo, o que vocês entendem por átomo? Anotar as ideias deles e com isso depois do minicurso mostrar pra eles pra que eles refaçam essa leitura. Se eles estão de acordo com o que eles falaram, se eles mudariam. Lapidar essa ideia que eles tinham inicialmente. **Atividades avaliativa.** 1.a. Será feita através de três etapas. A avaliação eu pensei em três etapas. Na primeira etapa vou pedir pra que eles escrevam o que eles acharam das aulas. Quais os pontos que eles acharam importante. E o que eles esperam ou esperavam vendo as aulas. Porque isso? Como pensando né, eu sou professor da turma, pode ser que em algum outro momento eu vá abordar esse tema, ou algum tema que eu abordei durante esse minicurso, então buscar resgatar o que eles esperavam e trazer futuramente pra eles. Num segundo passo, lapidar os registros que foram feitos ao longo das aulas. Expor de novo pra eles e pedir pra que eles demonstrem se estão ou não de acordo ou se mudariam o que eles falaram. E na terceira etapa pedir pra que eles escrevam uma redação sobre algum ponto que chamou a atenção deles durante o minicurso.

Professor: Muito bem. Márcio pode voltar lá, por favor, coloque na parte de metodologia. É ai na parte metodológica... Eu gostei bastante, acho que ta bem estruturada, as ideias você tenta resgatar a abordagem CTS que nós vimos na aula. Em minha opinião você não precisa mexer em nada. Agora a minha sugestão é a seguinte: é que você reduza, em sei lá, 60% dos conteúdos que

você pretende trabalhar. Eu acho que assim... Eu acho que é muita coisa, muito conteúdo pra você trabalhar, por exemplo, numa aula de quatro aulas, agora vamos trazer para o lado real né, vamos supor que é esse minicurso... No final da disciplina você vai dar um minicurso aqui pra gente. Nós iremos fazer papel de aluno do ensino médio, nós vamos ser alunos, nós vamos fazer parte do seu minicurso, eu vou ser aluno, a Larissa vai ser aluna, nós vamos ser alunos, e você vai expor o minicurso pra gente e você vai preparar esse minicurso como se nós fossemos alunos. Vou explicar com mais detalhes. Esse minicurso vai ser feito na nossa aula, então nós vamos ter uma duração de uma hora e meia. Quer dizer duas aulas de 50 min. Então vocês irão preparar esse em duas aulas certo? Ai você falou que vai passar trechos de documentário, vai ter discussão. Volta na parte de conteúdo no início, quando você começa a falar sobre os conteúdos de ensino. A minha sugestão, se você achar que a sua experiência diz que fazendo da sua forma é mais adequado para a contextualização do seu minicurso, então você pode fazer da forma que você achar melhor. Não tem problema algum. Agora a minha sugestão é: por exemplo, isso ai você pode tirar a primeira parte “Entendendo o que é o átomo”, a segundo “As origens dos elementos químicos”, em minha opinião você pode tirar, não é necessário discutir isso. Isso fará o seu minicurso ficar mais enxuto, até por causa do tempo que nós temos. “O que é radiação” é interessante que você discuta as consequências, até porque o seu tema é Energia Nuclear. O contador Geiger faz todo sentido você discutir porque é um instrumento de medição de radiação, então é interessante. Passa para o próximo, por favor. Neste slide tem Energia Nuclear que de fato é tema principal que você se propôs a discutir. É o principal objetivo do seu minicurso como funciona a bomba atômica ai eu acho que você vai ter que estruturar isso ai de tal forma que você possa contextualizar isso ai. Agora pense que nós vamos participar do seu minicurso nós iremos agregar conhecimento ao seu minicurso. Como? Participando. Você irá trazer reportagens, as quais nós iremos ler, você irá trazer trechos de documentários, que nós iremos assistir, e ai você

vai ter que... Através desse minicurso você irá gerar uma discussão, essa discussão será gerada. Porque nós estamos partindo do pressuposto que até então eu não sabia o que é Energia Nuclear eu não tinha conhecimento do que era Energia Nuclear, a Larissa não tinha conhecimento do que era Energia Nuclear, porque o aluno do Ensino Médio de fato já ouviu falar, mas o conhecimento do fenômeno, por exemplo, o que é enriquecimento de Urânio, porque o Urânio-235 é físsil e o 238 não? Porque quando você bombardeia o 235 ele fissiona e produz a reação em cadeia? E o 238 não? Porque tem a massa crítica para gerar a fissão, ou o que é a massa crítica? Entao assim você pode discutir isso tudo qualitativamente não tem problema algum, mas é interessante para a discussão, além disso, você tem que trazer uma parcela de que nós temos que ler, nós temos que assistir alguma coisa para nós termos elementos para discutir, entendeu? Quando você fala assim: Eu quero que tenha a discussão dos alunos eu vou potencializar a discussão dos alunos ok ótimo... Mas se essa discussão for potencializada somente com a sua exposição, provavelmente ela não será rica, porque você não levará em consideração o que o aluno traz para a sala de aula. Porque ele traz elementos de sua cultura e da sociedade em que vive, que elementos são esses: textos que você traz para a sala de aula, vídeos que você passa, ou mesmo simuladores, entendeu? Entao os elementos da nossa discussão eles tem que fazer parte da sociedade. Somente a sua aula expositiva não faz isso. Você pode ate trazer na sua aula expositiva, falar de um artigo, falar de uma reportagem, mas é diferente do que a gente lê, do que a gente assistir entendeu.

Passa para o próximo, por favor. Por exemplo, olha o tema Energia Nuclear e Medicina. É interessante você discutir. Até porque você pode polarizar a discussão né porque se você falar só sobre Energia Nuclear, os alunos vão ver só o lado ruim da Energia Nuclear. Entao tudo bem. Faz sentido você falar. Agora o slide *Outros meios de obtenção de energia elétrica* eu acho que você tem que tirar porque não faz parte do objetivo da sua aula. Entao sua aula é para discutir sobre Energia Nuclear, não é o tema central da sua aula? Entao, em minha opinião, pega essa duas aula

na qual nós vamos participar do minicurso, na minha opinião você poderia tirar esse tópico. Certo, né você pode né sei lá, 50% do que pretendia falar ... porque a sua fala ela tem que ser mediada por outras coisas então ... quando você for passar um trecho de documentário vai demandar tempo, quando você for trazer um texto de divulgação científica pra gente ler aqui na sala vai demandar tempo tudo isso faz parte da sua aula ... isso não é perda de tempo isso é a sua aula é a sua aula só que quem ta produzindo são os alunos mediante a sua mediação, certo. Entao nesse sentido eu tiraria grande parte das coisas, grande parte dos conteúdos.

ANEXO VI – TRANSCRIÇÃO DAS PROPOSTAS DE MINICURSO

Proposta de minicurso de Larissa

Larissa: Muito bem! Bom dia queridos alunos! A gente vai dar sequência ao nosso minicurso, que até agora a gente... Primeiro nós começamos com a questão: *Onde estamos no universo?* Depois a gente partiu para o Big Bang tudo isso a gente já viu heim?

Professor: Só uma pergunta Larissa? Pra que faixa etária que é? Pra quem?

Larissa: Terceiro. Para o Ensino Médio.

Professor: Ensino Médio. Ok.

Larissa: E o de hoje é nosso ultimo minicurso. A gente vai partir pra uma ciência que incorpora astrônomos, físicos, biólogos, geólogos que é a parte da Astrobiologia. E a pergunta que eu venho fazer pra vocês hoje é: Onde estão todos os outros? Estaremos sozinhos no universo? O que vocês acham?

Larissa: Et's, Ovni's... Vocês já viram um Ovni? Vida inteligente fora da terra. Vocês acreditam ou não. Vocês têm que interagir tá.

Professor: Pessoal vocês podem... Assim... Vocês podem expressar a sua opinião sobre o assunto. Alias, acredito que ela é muito parecida com a dos alunos do Ensino Médio. As justificativas que vocês tem é a mesma que eles tem também. Vocês podem participar a vontade. Eu acredito em vida fora da terra.

Larissa: Você acredita Professor?

Professor: Eu acredito.

Breno: vida inteligente?

Larissa: vida inteligente fora da terra.

Professor: É. Vida fora da terra e vida inteligente também. Se têm vida fora da terra porque não teria vida inteligente.

Larissa: Porque às vezes pode desenvolver uma vida... Por exemplo, só uma bactéria.

Professor: Não deixa de ser vida né.

Larissa: Mas Professor se tem uma vida fora da terra mais ou menos como a gente vai estabelecer um contato com esses outros seres.

Professor: Contato?

Larissa: Como você acha?

Professor: Acho que quando a tecnologia tiver desenvolvida de tal forma que a gente possa viajar em alta velocidade pra outros planetas pra outros sistemas solares...

Larissa: E vocês?

Breno: Eu não acredito.

Larissa: Você não acredita. Vocês acham que a NASA esconde alguma coisa?

Professor: Ele não acredita não? Porque você não acredita?

Larissa: Porque não Breno?

Breno: Se não já teriam feito contato já teriam outros vestígios...

Larissa: Breno você vai ver uma parte do artigo que eu vou passar pra vocês... E se eles não quiseram estabelecer um contato? Uma vez eu vi uma tirinha muito engraçada. Mandaram aquele robô pra Marte né... E ele filmando assim a paisagem, daí foi um extraterrestre colocou na frente dele uma “fotinha” colou na frente e atrás uma cidade.

Breno: E atrás uma cidade uma cidade...

Larissa: E então Breno e se eles não quiserem estabelecer contato. E se eles acharem que a gente é perigosa. Você já viu aquele filme Planeta 51?

Breno: Como que é?

Larissa: Vai um astronauta se perde no espaço e daí ele cai num planeta onde todo mundo é verde e ele só que é branco porque ele é americano, ai eles dizem “Nossa é um ET... Não sei o que lá”. Ta vendo, pode ser que eles vejam a gente como o perigo...

Breno: Mas é a mesma coisa. Bom eu acho assim se tem vida não é inteligente.

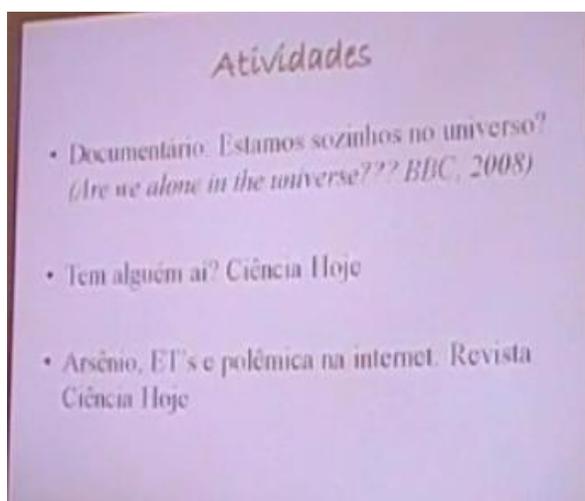
Larissa: Você vai mudar heim... Continuando a aula. Será que eles são como a imagem no slide?

Larissa: Porque sempre que vocês pensam em ET vocês imaginam verde com antenas cabeça triangular ou muito grande, corpo pequeno pelado sem roupa né... Vocês acham que eles podem ser assim?

Márcio: Podem ser de qualquer forma eu nunca vi...

Larissa: Ué, no mundo onde a gente vive não tem asiático, não tem negro, não tem branco, pode ser que exista alguém verde. Têm albinos.

Larissa: Então gente o que eu vou fazer primeiro... Vamos assistir o documentário.



Larissa: Estamos sozinhos no Universo? Ele vai falar sobre um projeto, então prestem a atenção, vai falar sobre tudo o que eles descobriram e o que eles ainda não tiveram sucesso com a pesquisa deles que o que é o principal é estabelecer um contato. Tem um filme, que não é um

documentário é um filme, que se chama Contato, que é com uma mulher, Jodie Foster, que até ganhou o Globo de Ouro agora esses dias

Professor: A é, não sabia não...

Larissa: que agora ela virou produtora, não é mais atriz... Então ela ganhou... Ela participou do projeto que é o projeto SETI. E o que ela queria principal era provar que ela estabeleceu um contato. Mas a pergunta principal dela era como que ela iria provar isso como que ela iria estabelecer um contato. Imaginemos que a gente consegue, descobre um planeta que é igual ao nosso e tem seres vivos lá. Como a gente vai estabelecer um contato se esse planeta esta a 20 anos-luz daqui, essa mensagem vai demorar 20 anos pra ir mais 20 anos pra voltar... Quais são as implicações que a gente vai ver, 40 anos se passaram, por exemplo, pro contato físico é quase impossível como o Professor falou a gente ia precisar de um meio de transporte se locomovesse na velocidade da luz. Então eu vou passar aqui pra vocês gente.

Larissa: Tem um questionamento, uma pergunta que eu acho bastante interessante é que quando a gente traduz do inglês para o português a gente faz um erro. Por exemplo, eu nunca tinha parado para pensar nisso... Ai o documentário fala assim “Estamos sozinhos?” e ele usa “alone”. Alone você não usa para sozinho, quando vocês, por exemplo, dizem eu estou sozinho na minha casa “myself” estou sozinho. Alone quer dizer estar abandonado, estar jogado. Então ai ele fala assim “Estamos sozinhos?” Alone quer dizer *Será que estamos à deriva no Universo?* Num universo tão grande, por exemplo, no Big Bang a gente está em expansão num universo enorme, será que a gente ta sozinho, ou seja, abandonado, então quer dizer, porque que surgiu vida só aqui.

Larissa: Oh, essa parte é interessante. Por qual motivo eles estudam 80 estrelas e eles estão procurando aquelas estrelas que vibram. Quantas estrelas eles falam assim 200 bilhões de estrelas então é como procurar uma agulha no palheiro tirando uma palhinha de vez, ou seja, é muito

difícil, por isso como você falou Breno que eles não teriam ainda estabelecido contato por causa do grau de dificuldade que eles têm. Aquele senhor, ele fala que, cinquenta anos atrás, ele começou estudar isso só que na época eles não queriam investir dinheiro pra procurar homenzinhos verdes, daí teve que esperar uma geração passar, que é essa nova, que esta atrás. Num dos artigos que eu li, mas eu não trouxe pra vocês, é que eles tinham suspenso o orçamento pro SETI, falando assim vocês até agora depois de tantos anos, você não tiveram resultado nenhum. Você tem sempre que apresentar resultado. Então ai está uma das dificuldades... Nós temos um universo muito grande.

Breno: Levando em consideração o tipo de análises que eles estão fazendo, eles estão procurando vida parecida com a nossa... Porque o tipo de estrela que eles procuram.

Larissa: Sim. Porque a gente tem vários tipos de estrelas, por exemplo, o Sol. A gente tem vida na Terra porque o Sol não é de primeira geração, ele já é de uma segunda geração, antes do Sol já teve uma estrela que ela morreu e explodiu e voltou tudo aquilo se organizou o Sol começou a queimar de novo ai formou os planetas por isso... E de todos aqueles outros planetas, pode ser que ainda tenha uma estrela primaria ainda que ainda... Os elementos químicos dela ainda não são, por exemplo, nós temos a tabela periódica, todos aqueles elementos partiram do Hidrogênio que é a fusão nuclear. Hidrogênio com Hidrogênio dá Hélio, Hélio com Hélio dá o próximo e assim por diante. Pode ser que os outros planetas eles não sejam mais de primeira ordem né... Como pode ser que sejam de segunda. Mas o que eles estão procurando pode ser que tenha uma estrela que ela não tem planeta que ela é sozinha. E que eles tão procurando, você viu que, por exemplo, tem a força gravitacional na terra e aquilo lá faz uma vibração na estrela e é aquilo que eles tão procurando. Estrelas que vibram, que a partir daí eles podem julgar se tem planetas. E a partir daí tem a parte mais difícil. Pode ser que você tem o sol e tenha vários planetas em volta. O que faz a terra de diferente de Saturno e diferente de Marte? A distância. Por exemplo, temos

Vênus muito próximo temos a Terra e temos Marte, aqui é muito quente, não dá pra viver aqui mas aqui pode tá muito frio tem água congelada eles descobriram lá... Mas não tem vida igual na Terra, ou seja, além disso além deles acharem o planeta eles tem que achar um planeta que esteja na zona que eles chamam de habitável, mas isso que eles estão julgando que vida parecida com a nossa.

Professor: É porque pode ter vida...

Larissa: Bom gente, até aqui é o principal que eu gostaria que vocês vissem. Daí agora tem uma parte que é muito grande que não cabe muito vocês verem. A partir desse observatório que ele tem aí ele conseguiu descobrir um planeta... Daí é muito Blábláblá... Fala um monte de coisa.

Larissa: Bom é até aqui que eu gostaria de passar pra vocês (30 minutos). Agora é uma mulher que vai começar a falar eu não gostei muito dela não... Brincadeira. Ela vai falar sobre as condições do planeta. Esse planeta é 5 vezes maior que a Terra por isso a gravidade dele é duas vezes maior que a nossa. Então tipo lá não existe montanhas só planícies, na hora que você andasse você ia sentir o peso da gravidade agindo em você e também por ele ser muito grande e passar perto da estrela dele ele não tem a rotação da Terra, ou seja, ele só mostra uma fase pro Sol. E aí pra você o por do Sol você vai ter que mudar de cidade pro outro lado pra você poder ver o por do Sol. Tem outros que eles falam ali que eu acho que é muito legal um planeta que ele orbita. Um dia é verão o outro inverno, um dia é verão o outro inverno, vai mudando a cada dia. Continuando: Bom agora a gente vai ver um artigo da Revista Ciência Hoje. Vocês lembram daquela revistinha Ciência Hoje para Crianças essa aqui é das Crianças tá. Vocês vão ler vai ter a equação de Drake. Vocês não precisam se preocupar com ela tá. Decorar todos esses nomes, que depois a gente vai fazer uma estimativa, o que vocês acham tá?

Larissa: Todo mundo leu? E aí o que vocês acharam?

Breno: Interessante.

Larissa: Eu queria que vocês vissem aqui na página 2 tem uma equação que é conhecida como equação de Carl Sagan, na verdade é reconhecida porque o Drake na época ele não publicava o Carl Sagan que fazia os filmes, livros e tal. Então ele pegou uma fama encima da outra porque ele defendia a ideia né. Daí aqui em baixo aqui o no ultimo parágrafo ele fala assim: partindo da hipótese do Sagan, também tem um ponto de vista conhecido como principio da mediocridade são eles características que elegeram nosso planeta. Segundo esse principio a Terra não possui nada de especial, elementos químicos, condições físicas ocorrem em outras partes do universo e, portanto, a vida poderia também estar presente em outros locais. Como a gente discutiu e vocês também falaram, pode ser que haja vida não parecida com a nossa, mas a gente sabe que pra nossa vida a gente precisa de todos esses elementos e a gente precisa dessas condições. Então por isso a gente não pode ser medíocre e acreditar que só há vida parecida com a nossa, pode ser que existam vidas diferentes das nossas.

Breno: Eu acho que não.

Larissa: Eu acho que sim. Breno presta bem a atenção, to falando não como professora, mas como sua amiga. Você tem que diferenciar às vezes, talvez eu esteja errada, mas você como cristão a maioria das vezes a gente se fecha para o conhecimento científico e às vezes pensa, por exemplo, a gente acha que a vida só existe na vida dela porque Deus criou a terra e tudo mais. Mas a gente tem que não pensar só assim a gente tem que pensar em outras possibilidades.

Breno: Mas a gente a fala em relação a vida diferente da nossa. Eu falo que se tivesse seria mais fácil...

Larissa: Então em outra parte do texto ele vem e fala assim faz uma colocação e se o nosso método de procura que a gente usa telescópios e radiotelescópios e se não esse a tecnologia deles. E se a tecnologia deles é muito mais avançada que a nossa e ai eles mandam outro sinal.

Larissa: Bom gente, seguindo a aula aqui... Eu tenho outro texto pra vocês mas, não precisa ler, eu quero deixar esclarecido que foi uma bagunça que aconteceu em 2010 que foi daquela bactéria que vivia no arsênio e que foi publicado numa revista muito famosa que se chama Science e o interessante dessa revista é para esclarecer que os jornalistas divulgaram que a bactéria foram descoberta elas tinham sido descoberta e tinha vindo de um outro planeta que ela era ET. Na verdade não era nada disso na verdade era uma bactéria que vive nesse lago lá nos Estados Unidos lá na Califórnia e as biólogas falaram assim: vamos tirar um dos elementos que era o fósforo e vamos colocar arsênio pra ver se elas sobrevivem. Ela não só sobreviveu, mas como ela conseguiu incorporar aquilo no organismo dela e começou a multiplicar aquilo no DNA dela e aí veio a pergunta, nossa então se uma bactéria consegue viver no arsênio, que pra nós é um veneno pode ser que se haja vida em outros lugares que seja de outras formas era isso que elas defendiam. Já, a mídia veio e fez uma bagunça. Acabou com o trabalho das mulheres. Daí vocês vão ver aqui no texto que eu entreguei críticas de todos os lados começou a somar um monte de críticas, e por final, elas tiveram que refazer o projeto e remandar pra lá. Bom é só para esclarecer.

Larissa: Continuando. Como vocês viram o disse o cientista do documentário ele falava muitos dos sinais que eles recebiam eram sinais de radio às vezes bagunçados, só que vocês podem ajudar o pessoal do SETI a decodificar esses sinais. Não tem uma versão em português brasileiro só o de Portugal. Vocês podem fazer o download desse software colocar no computador de vocês e quando o computador tiver meio ocioso ele vai catar todos esses dados calcular e mandar pro SETI automaticamente é só vocês baixar esse programa pra poder ajudar ta... Eles acharam que isso daí não ia dá em nada muito né... Eles lançaram o software pensou que o pessoal não ia querer muito... Por fim muita gente mesmo baixou esse software porque todo mundo tem

curiosidade é uma questão que todo mundo se pergunta ou já se perguntou um dia e até duvida né.

Equação de Drake. Então eu fiz aqui um negócio... Que tanto no filme como no artigo ele fala assim que você pode com a equação de Drake você pode ser pessimista e ao mesmo tempo otimista depende dos dados que você coloca. Para isso, vamos lá eu coloquei esses dados gente na equação de Drake só pra mostrar, eu já vou apagar. Esses dados aqui foi eu que chutei ta gente. Por exemplo, se l é a taxa de formação de estrelas semelhantes ao sol, tanto no texto quanto no documentário ele fala... No artigo ele fala ele já sabe qual é esse numero, quantas estrelas na nossa Galáxia se formam parecidas com o sol aqui ele fala que é de 6 a 10...

Breno: No documentário ele fala que é 20

Larissa: Na opinião de vocês

Breno: Faz uma média.

Larissa: Faz uma media? Pode ser 15? Pode ser?

Proposta de minicurso de Fernanda

Fernanda: o tema do nosso minicurso é Física Moderna - Aplicações Tecnológicas. Eu vou começar passando um áudio para vocês. O título dele é: Tópicos atuais de Física Moderna. O tema é: o que é física moderna? Duração: 2 blocos de 5 minutos cada. Créditos: Projeto Acesso Física IBTF: Instituto Brasileiro de Educação a Distância. Prof. Schiel e Yvonne Mascarenhas.

Fernanda: O que vocês acharam do áudio?

Professor: Você usaria esse áudio em sala de aula?

Fernanda: Não sei por causa do tempo. Talvez a segunda parte.

Professor: Às vezes talvez. Eu ia falar para os alunos ouvirem em casa.

Fernanda: Agora eu vou passar o documentário que eu escolhi para vocês. O título do documentário é *Como a ciência mudou o nosso mundo* (*How science changed our world*, BBC One, 2010).

Fernanda: Estas são as 10 principais descobertas científicas realizadas nos últimos 50 anos que são narradas no documentário. A Pílula contraceptiva oral, Microchip, Ressonância Magnética, Laser, Biomecânica, World Wide Web, Teoria do Big Bang, Projeto Genoma Humano, Pesquisa em células tronco e fertilização in vitro. O que voes acharão do vídeo?

Breno: Eu achei que iria falar um pouco mais sobre a parte científica de cada uma das descobertas. Explicar como elas funcionam e não o que elas podem fazer.

Fernanda: Vocês conseguiram relacionar isso com o áudio do começo?

Breno: A primeira e as duas últimas descobertas não tem relação com a Física Moderna.

Fernanda: você acha que não?

Breno: Física Moderna não. Por exemplo, a pílula ta relacionada mais a área biológica. Na minha opinião.

Larissa: Ah entendi! Porque ali foram descobertas científicas. A parte de física seria outras descobertas.

Fernanda: Qual descoberta vocês gostaram mais?

Breno: Internet.

Larissa: Eu gostei mais da biomecânica. Porque é muito impressionante como enfiar tudo aquilo na cabeça de uma mulher com depressão e de repente ela começa a se sentir feliz do nada. É lógico não pode enfiar isso na cabeça de todo mundo e tentar mudar todo mundo. Imagina todo mundo feliz! Mas para as pessoas que tem dificuldade é difícil mesmo. E o outro cara que viveria a vida dele toda na cadeira de rodas né, é uma descoberta que com certeza vale a pena.

Fernanda: E você Breno porque você achou a internet?

Breno: Eu achei a internet porque é uma coisa que muda a vida de todo mundo enquanto que no caso da biomecânica que a Larissa falou é algo muito específico. A internet praticamente todo mundo, envolve mais pessoas. A internet e o microchip são os que eu acho mais interessante por causa disso.

Márcio: Eu ficaria com o microchip. Em relação ao número de mudanças, de certa forma ele puxa muita coisa né: ressonância magnética, laser, biomecânica, mas eu acho que de impactante é a biomecânica.

Larissa: É essa é impactante.

Fernanda: Eu não consegui encontrar no site a votação, mas aí eu vi no Wikipédia falando do documentário que nós assistimos. Na votação do Wikipédia em primeiro lugar está o microchip. E lá o apresentador escolheu a Teoria do Big Bang.

Larissa: Nossa o big Bang! Eu pensei que ele não ia gostar do Big Bang.

Professor: Parece que ele não gostou dessa descoberta.

Larissa: Porque ele falou que essa teoria é tão inútil.

Breno: Eu acho que ele tinha entrevistado o cara antes. Ele não ia contar isso na cara do cara.

Larissa: É eu também acho que sim.

Professor: Se fosse comigo eu falaria que é tão inútil quanto os documentários que você trabalha! Risos.

Fernanda: No minicurso que eu preparei eu pensei em trabalhar com microchip, mas eu achei muito complexo. Então eu escolhi Ressonância Magnética.

Larissa: É na ressonância magnética que usam contraste?

Professor: Vocês viram o aconteceu em Campinas?

Fernanda: Então o que eu trouxe para a aula de hoje foi justamente isso. Porque geralmente quando acontece alguma coisa assim o aluno vem perguntar para o Professor: professor porque aconteceu isso? Vocês chegaram a ver essa notícia ou não?

Larissa: Eu vi o comentário pela TV.

Professor: A ressonância magnética que fala nestas atividades que você deu é a mesma que fala no documentário?

Fernanda: Sim. Então eu escolhi o tema ressonância magnética porque um dia eu estava vendo o documentário e meu Pai chegou e perguntou: o que você tá fazendo? Eu respondi: vendo um documentário. Ai ele falou não por causa disso ai que a turma lá tá morrendo? Ai eu falei o que? É tão falando que morreram três pessoas por causa da Ressonância Magnética, tomar contraste. Daí eu achei interessante. Por que ele falou que já tinha tomado contraste. E depois do que aconteceu ele disse que não ia tomar mais, porque poderia acontecer alguma coisa. Daí eu mostrei pra ele o vídeo e ele disse que quando fez ressonância a médica disse pra ele que não pode respirar durante o exame. Daí eu achei bem legal porque ele é medroso e o quanto isso assustou ele.

Fernanda: Eu trouxe algumas questões também a respeito do documentário. Vocês acham que tem alguma outra descoberta que deveria estar entre as tops, que não foi mostrada no documentário?

Larissa: Na hora que ele começou eu pensei no laser. Mas apareceu no documentário. A pílula anticoncepcional por mais que vocês pensem que é besta ela tem uma importância enorme de tudo, não só para a mulher, mas para um quadro geral. Uma vez eu assistir uma palestra de economia e ele mostrou um gráfico de bolas que se mexiam e a partir de um momento elas caem mais ou menos na década de 60 ou 70 do século XX, e ai ele perguntou por que mudou todo o cenário econômico. Daí eu parei pra pensar.

Fernanda: O legal do vídeo é que ele mostra como funciona a pílula no nosso cérebro, como que ela reage. Na época houve uma dificuldade para aceitar a pílula porque o sexo era mais visto para reprodução mesmo. Alguns diziam que se a mulher tomasse a pílula ela iria perder o caráter.

Larissa: Mas até hoje tem preconceito ainda. Porque a partir daí a mulher tem escolha né... De querer ter filho ou não.

Fernanda: Tem a parte religiosa.

Professor: Ai você daria este questionário, essas questões para os alunos trabalharem seria sua forma de avaliar a aula?

Fernanda: Isso.

Professor: Gostaria de fazer uma pergunta para todos. Vocês acham que daria para trabalhar num contexto de sala de aula com atividades usando documentário. Vocês fariam isso enquanto professores? A pergunta é no seguinte sentido: pensando nas escolas tradicionais, seria delicado você sair da rotina digamos assim né daquelas aulas tradicionais de física... Como que os alunos iriam encarar isso? Mesmo assim vocês usariam essa estratégia de trabalhar com documentário? Eu vou ouvir a Fernanda que acabou de apresentar depois eu gostaria de ouvir um pouco de cada um.

Fernanda: Eu usaria. Eu gosto disso porque sai da rotina da aula... Porque o aluno gosta de coisas diferentes.

Professor: Ta. Mas veja bem. Eu entendi o seu argumento. Eu também gosto de documentário. Mas imagina você na situação de uma escola privada, por exemplo, onde você tem varias atribuições, responder várias coisas, e ai o coordenador pedagógico passa e você ta usando documentário. O coordenador pedagógico passa e vê que você ta usando e ai depois ele te chama na sala dele e fala: que atividade você estava fazendo com seus alunos? O que você explicaria pra ele?

Fernanda: Diria a verdade. Que estava usando documentário.

Professor: Eu acho que a pergunta dele não é no sentido de você falar a verdade, mas por curiosidade mesmo em saber o que você estava fazendo.

Fernanda: Sim entendi. Eu explicaria o quão importante que é usar documentário em sala de aula.

Breno: Na verdade o documentário, pelo menos no meu ponto de vista, é usado mais para contextualizar, pra ficar de uma maneira que o aluno consiga visualizar melhor os conceitos que eu tenho que ensinar.

Larissa: É porque uma coisa é você ter que falar, por exemplo, biomecânica: “A então pessoal, enfia o negócio da cabeça da mulher e ta”. E outra coisa é ele ver isso, então eu acho que o documentário que a Fernanda passou é muito bom porque traz isso tudo que é inovação. Isso que é legal dele poder ver. O documentário também chama a atenção né... Se o documentário é bom né... Às vezes o documentário é meio ruim ai eu acho que piora.

Professor: O que é um documentário ruim?

Larissa: Documentário ruim é aquele que é estilo Cosmos. Cosmos é triste. Ele fala de forma reta... Não tem sabe... Uma dinâmica e tal. É continuo o Carl Sagan falando blabláblá, mostra algumas imagens... Não... Não gostei. Mas traz uma coisa diferente com certeza. Isso melhora sua aula você pode dar um exemplo e ai aprende mais com o documentário.

Professor: e você Márcio?

Márcio: Antes de passar eu acho que conversaria com o coordenador antes. Ai sim eu justificaria por essa questão. É um modo de você contextualizar ainda mais esses documentários que são feitos por cientistas; então tem um bom embasamento e sempre traz muita informação mesmo agora que fazemos física e tem um contato maior com a informação, nossa trouxe muita informação. Então imagina pra aquela molecada que não tem contato com a informação como

nós temos. E serve também para trazer problemáticas novas e para discussão dessa questão, no caso do documentário que a Fernanda passou, fica evidente a questão da ciência e a sociedade. Eu me justificaria por aí.

Fernanda: O legal é que se nós não tivéssemos aula assim a gente não pensaria em talvez passar algum vídeo na sala de aula e agora eu já penso em como passar. A gente acaba pesquisando também a respeito do vídeo.

Breno: Eu acho que se justifica também porque eu quero levar um conhecimento, e tem que se agregar esse conhecimento, e porque você vai dar porque a aula vai ficar melhor eu vou agregar melhor esse conhecimento.

Larissa: Sim podemos usar o documentário como um auxiliar da aula.

Proposta de minicurso de Márcio

Após assistirmos o documentário *Einstein's equation of life and death* (A equação de vida e morte de Einstein - 2005) começamos a discussão.

Márcio: E aí o que vocês acharam do documentário?

Larissa: Eu achei interessante.

Márcio: Porque você achou interessante?

Professor: Pessoal. Podem ser sinceros. Se você não gostou podem falar. Claro desde que se fundamentem.

Larissa: Eu achei interessante porque eu nunca tinha pensado na equação de Einstein na forma que ele mostrou. Que *massa* pode gerar tanta energia. E é interessante que ele problematizou isso né colocou num contexto em que foi usado, por exemplo, para fins de guerra né... E que a física nuclear avançou por causa da guerra. Para fabricação de um...

Márcio: Bom e daí segue que a gente já tira alguma informação. Você falou que problematizou. Que outras informações o filme nos traz?

Professor: O que o filme fala sobre a responsabilidade de Einstein na construção da bomba atômica? Vocês concordam?

Márcio: Porque no filme eles mostram que ele sentiu culpa. Mas o que vocês acham?

Larissa: Eu acho que Einstein foi enganado porque o cara chegou lá pra ele e falou um problema: olha os nazistas estão fazendo isso e eu pensei assim então eles também podem pensar e se essa bomba vir aqui e atacar Nova York. Então ele pensou então espera ai então realmente há um problema. E ele acusou o Einstein do quê olha que formulou essa equação foi você. Então além de ele ter de um jeito acusado ele assim olha quem fez a fórmula foi você ele também se apropriou porque ele também já tinha muita fama. Ou seja, quem vai mandar uma carta para o presidente dos Estados Unidos quem hoje tinha essa autoridade só uma pessoa que era muito famosa igual ele era um cientista e era famoso. Quer uma pessoa melhor?

Márcio: O Leo Szilard faz essa relação.

Larissa: Ele recebeu a visita de alguém que tipo ele foi atrás dele.

Professor: Desculpe a interrupção. Parece que ele coloca assim: se fosse o Leo Szilard que tivesse escrito a carta não iria ter tanta repercussão porque era uma pessoa pouco conhecida na época.

Larissa: Passa pra mim esse negocio ai do Einstein pra eu assistir em casa.

Professor: Uma coisa interessante. Eu fiz algumas anotações aqui. Uma coisa interessante para ser discutida em sala de aula é a questão da neutralidade da ciência.

Márcio: É verdade, quando ele fala...

Professor: Tem uma parte que o ator que representa Einstein fala: “Nós somos cientistas, deixe os militares com seus joguinhos”. E não é bem assim. Então Einstein de certa forma - se essa foi

uma frase dele ou não, nós não sabemos, teríamos que fazer uma pesquisa histórica - mas se ele pensava coisas do tipo isso mostra a ingenuidade do cientista.

Larissa: E ele fala no final do documentário ele fala da ingenuidade de alguns cientistas ...

Márcio: Professor, pensando na neutralidade, eu pensei em trabalhar com uma fala que o Leo Szilard fala que tava na hora da ciência deixar a neutralidade de lado. Eu pensei em trabalhar essa questão com os alunos. Mas eu senti que faltava conteúdo pra mim mesmo pra trabalhar essa questão da neutralidade porque é um tema muito complexo. Daí eu não sei se... Na minha opinião seria praticamente quase uma aula, e aí para trabalhar essa questão eu teria que dar mais um texto de apoio talvez só relacionado ao assunto.

Professor: Sim. Depende dos objetivos da sua aula. Se o objetivo da sua aula é trabalhar as relações entre ciência, tecnologia e sociedade poderia ser uma aula só sobre isso. Você poderia selecionar trechos do documentário que apontassem essa questão.

Márcio: Vocês prestaram atenção no título do documentário?

Larissa: Não.

Márcio: Traduzindo o título fica: *A equação de Einstein da vida e da morte*. Como vocês interpretariam isso?

Larissa: Acho que todo ele falou mais da morte. No final ele falou da vida. Só que aí ele só depois que o Einstein morreu que eles conseguiram ver que a equação servia para outras coisas.

Márcio: É exatamente. Eu pensei a mesma coisa, eles dão ênfase na questão da parte negativa e deixam uma parte positiva um pouco de lado. Mas é interessante né. A questão do Einstein fazer essa equação, e ela ter esses dois lados, da mesma forma que ela pode trazer a vida ela pode trazer a morte. E voltando a questão da culpa que o Einstein sentiu, será que o cientista quando ele faz uma descoberta ele tem a noção do que pode acarretar tudo isso?

Larissa: Eu acho assim. Igual tem uma parte do texto ele fala que quando descobriu esse negocio da equação e depois quando o Leo vê que os nêutrons conseguem dividir e consegue provar a equação praticamente isso pra ciência é o máximo. Eu acho que aquilo ali é uma grande descoberta eu acho que foi o contexto da época que foi o problema para o Einstein que foi trazer a bomba. Eles poderiam ter deixado o projeto pra depois (Manhattan). Poderia lógico, mas o plano foi usar essa bomba que ai aconteceu todo o problema que diz que a culpa é do Einstein. A equação veio da ciência e tudo isso daí acho que foi mais um problema da época. Ele poderia ter pensado assim: se a gente pensou então eles podem pensar assim. Isso eu acho que apesar de uma coisa pode levar a outra né imagina se a equação tivesse sido descoberta hoje. E o Einstein tivesse vivendo agora. O que impediria eles de soltarem uma bomba no Iraque? Pra testar. Pra ver se funciona. Se jogaram no Japão porque não jogariam no Iraque? Agora o Iraque também tem a deles né.

Márcio: Bom, uma questão que eu gostaria de colocar também pra nós pensarmos é, por exemplo, no meu caso, eu tinha a ciência, até um tempo atrás, que ela seria a salvação para os problemas da humanidade e depois desse documentário o que nós percebemos, o que é muito nítido, é que a ciência pode ser um poder devastador imenso. No conhecimento que ela pode gerar. Então como que vocês, ou qual a visão de vocês, ta certo que é uma questão pra ser trabalhada um pouco mais de tempo, mas pra vocês pensarem qual a visão que vocês possuem de ciência? Assim ela pode ser tanto benéfica quanto maléfica. Qual o papel dela na sociedade?

Professor: A gente não precisa responder essa questão ta. Mas seria uma questão que você colocaria pra turma discutir né... Ótimo, excelente. Então vamos colocar porque podemos ver o que eles pensam sobre ciência baseado no que eles viram, o lado negativo o lado positivo da ciência. Seria uma questão que você colocaria pra turma? Você colocaria mais alguma questão?

Márcio: É, na verdade eu tenho um questionário que eu passaria pra eles. O intuito dessas questões aqui seria mais pra eles pra ver o que eles observaram do documentário ai eu disponibilizaria pra eles. E tem mais uma questão ainda que eu iria levantar. No documentário só passa a utilização da energia nuclear para fim bélico. Tem uma gama enorme de utilidades, então eu separei a questão de energia elétrica também, daí eu ia passar um texto também.

Professor: você iria passar um texto pra eles lerem?

Márcio: Isso.

Professor: Você imprimiu pra todo mundo?

Márcio: Sim.

Professor: Entao entrega um para cada um. Vemos ver de que fonte ele é.

Márcio: Na verdade ele era maior só que eu...

Professor: Não tem problema. Além do documentário você passaria esse texto?

Márcio: Isso.

Professor: Como que você trabalharia esse texto com os alunos?

Márcio: Então, a abordagem que pensei um utilizar era exatamente essa: dou uma problematização da ciência, assim, do lado negativo da energia nuclear, mas passaria também outras aplicações, porque a principio nesse texto aqui ele traz um histórico de todas as pesquisas de energia nuclear. Então eu utilizaria esse histórico também para mostrar também que o desenvolvimento dessa linha ela não foi linear ela tem um leque muito grande de aplicações a energia nuclear e ai eu utilizaria a geração de energia como uma dessas vertentes.

Professor: Eu vou ler as questões que você colocou. Isso aqui seria a avaliação dos alunos? Esse questionário.

Márcio: Isso. Isso.

Professor: A questão seis aqui é muito boa. Porque aqui você coloca o aluno para trabalhar na sua cidade enquanto ta em Angra enquanto ta em outros lugares tudo bem né... Você não precisa agir na sua cidade ai é legal. A questão sete talvez os alunos não tenham um pouco de maturidade para respondê-la. Mas é uma questão muito interessante eu não tiraria, deixaria ela. Mas eu acho que você teria respostas mais ingênuas com relação a questão 6.

Márcio: É que para questão sete depois da leitura eu faria uma abordagem assim buscaria, por exemplo... Eu utilizaria como principal exemplo as revoluções industriais. Na primeira revolução você tem a maquina a vapor, então a ciência ta ali presente. Nesse descobrimento, por exemplo, a teoria de Carnot. Já entra um pouco a época de Kelvin também. A segunda revolução...

Professor: Mas porque você iria falar sobre isso, eu não entendi.

Márcio: Então, para dar uma base para ele. Porque um dos meus objetivos é contextualizar a relação da ciência com a sociedade então no primeiro vídeo você tem a...

Professor: Mas você não iria usar só o tema energia nuclear?

Márcio: Sim.

Professor: Mas quando você fala em Revolução Industrial...

**ANEXO VII – RELAÇÃO DE DOCUMENTÁRIOS DE DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA
CITADOS OU USADOS EM NOSSA PESQUISA.**

AL-KHALILI, J. **Shock and awe: the story of electricity** (*A história da eletricidade*). Reino Unido: BBC Four, 2011.

ATTENBOROUGH, D. **Africa** (*Africa*). Reino Unido: BBC, 2013.

ATTENBOROUGH, D. **Charles Darwin and the Tree of Life** (*Charles Darwin e a árvore da vida*). Reino Unido: BBC, 2009a.

ATTENBOROUGH, D. **Life in Cold Blood**. Reino Unido, BBC, 2008.

ATTENBOROUGH, D. **Life on Earth: A Natural History by David Attenborough** (*Vida na Terra*). Reino Unido, BBC Two, 1979.

BRADSHAW, G. **Are We Alone in the Universe?** (*Estamos sozinhos no universo?*). Reino Unido: BBC, 2008.

ERIKSON, Bo. G. **The miracle of life** (*O milagre da vida*). Suécia, 1983.

FLAHERTY, R. **Nanook on the North** (*Nanook: o esquimó*). EUA: Flaherty, 1922.

GIBBON, J.; LAVERTY, A. **Einstein's equation of life and death** (*A equação de vida e morte de Einstein*). Reino Unido: BBC, 2005.

GREEN, M. B. **The Elegant Universe** (*O universo elegante*). EUA e Reino Unido, NOVA/WGBH, 2003.

GREENE, M. B. **The Fabric of the Cosmos** (*A fábrica do cosmos*). EUA e Reino Unido, NOVA/WGBH, 2011.

HAINES, T. **Walking with Dinosaurs** (*Andando com os dinossauros*). Reino Unido: BBC, 1999.

HERZOG, W. **Cave of Forgotten Dreams** (*A caverna dos sonhos esquecidos*). EUA: History Films, 2010.

JOHNSTONE, G. **Einstein's Big Idea** (*A grande ideia de Einstein*). EUA: PBS, 2005.

SAUTOY, M. **Precision: The Measure of All Things** (*A medida de todas as coisas*). Reino Unido: BBC, 2013.

SAUTOY, M. **The story of math** (*A história da matemática*). Reino Unido: BBC Four, 2008.

WINSTON, R. **How science changed our world** (*Como a ciência mudou o nosso mundo*). Reino Unido: BBC, 2010.

ANEXO VIII – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Título da Pesquisa: Documentário de Divulgação Científica e a discussão de aspectos da Física Moderna e Contemporânea na Formação Inicial de Professores de Física.

Responsáveis pela pesquisa: A pesquisa será desenvolvida pelo doutorando Aldo Aoyagui Gomes Pereira, orientado pela Prof^ª. Dr^ª. Maria José Pereira Monteiro de Almeida (Faculdade de Educação – Unicamp). A apresentação do termo de consentimento será realizada por Aldo Aoyagui Gomes Pereira.

Objetivo: Com o desenvolvimento do projeto, pretendemos contribuir para as pesquisas que têm objetivos de desenvolver atividades na formação inicial de professores de Física sobre assuntos relacionados à Física Moderna e Contemporânea (FMC). Nas atividades que desenvolvermos, utilizaremos como estratégia de ensino, Documentários de Divulgação Científica (DDC), cujos assuntos relacionam-se com aspectos da ciência produzida no século XX.

Procedimentos e Métodos: Baseando-nos principalmente em resultados de pesquisa da área de ensino de ciências sobre abordagens de FMC em sala de aula, montamos um conjunto de atividades a serem realizadas com licenciandos de um curso de licenciatura em física de uma universidade pública do Estado de São Paulo. Estas se constituirão de: apresentação de um plano de aula e uma proposta de minicurso, realizada pelos licenciandos; e um minicurso, realizado pelo professor/pesquisador.

Participação na pesquisa: O autor da pesquisa atuará como professor dos licenciandos na disciplina de Práticas do Ensino de Física II. A participação na pesquisa é voluntária. Todas as notas atribuídas nas avaliações realizadas ao longo do semestre, na disciplina mencionada, não terão influência na participação, ou não, do licenciando(a) na pesquisa. O licenciando que, a qualquer momento, quiser desistir da participação na pesquisa, pode comunicar ao professor/pesquisador, ou por escrito ao responsável, ao seguinte endereço:

Faculdade de Educação – UNICAMP

Aldo Aoyagui Gomes Pereira

A/C Professora Dr^ª. Maria José Pereira Monteiro de Almeida

Avenida Bertrand Russel, 801 – Cidade Universitária “Zeferino Vaz” – CEP 13083-865
Campinas/SP

Riscos: As atividades das quais os licenciandos participarão já vem sendo desenvolvidas de maneira similar regularmente em outras pesquisas do grupo de estudo e pesquisa gepCE, baseadas em questionários escritos e gravações de áudio e/ou vídeo das aulas, sem que tenham sido registrados riscos para outros voluntários participantes. Consideramos então que esta pesquisa apresentará possibilidade de risco desprezível.

Ressaltamos que não haverá qualquer prejuízo ao licenciando que não autorizar ou que retirar seu consentimento ao longo do acompanhamento e desenvolvimento das atividades durante o período letivo em que o professor/pesquisador se fará presente. A retirada do consentimento pode ser feita a qualquer momento pelo licenciando, bastando que o mesmo informe ao responsável que não deseja mais participar. Ressaltamos ainda que nenhuma das gravações em vídeo e questionários produzidos pelos sujeitos da pesquisa será

divulgado, sendo apenas utilizado pelo orientando e sua orientadora, e que os nomes verdadeiros dos licenciandos não serão divulgados em hipótese alguma, sendo substituídos por nomes fictícios em eventuais citações para fins de análise visando relatórios de pesquisa e/ou publicações.

Responsável pela pesquisa:
Aldo Aoyagui Gomes Pereira
agpereira980542@gmail.com

Responsável:

Aldo Aoyagui Gomes Pereira

Nome

Assinatura

Voluntário:

Nome

Assinatura