

Um estudo de caso histórico sobre o experimento de Foucault no Brasil, elaborado por uma professora do ensino médio na formação continuada a distância⁺

*Edmundo Rodrigues Junior*¹

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo
Campus de Cachoeiro de Itapemirim – ES

*Fernando José Luna*²

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

*Cassiana Barreto Hygino*³

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio de Janeiro
Campus de Arraial do Cabo – RJ

*Marília Paixão Linhares*⁴

Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro

*Maria Rita de Cássia Furtado Araújo Basegoda*⁵

Escola Estadual de Ensino Fundamental e Médio Senador Dirceu Cardoso
Muqui – ES

Resumo

Este trabalho apresenta uma pesquisa de natureza qualitativa na formação continuada de professores de física do Ensino Médio, no qual buscou avaliar uma proposta com abordagem de história da ciência por meio de um minicurso à distância. Elaborado no modelo investigativo, o curso de formação continuada em história da ciência no ensino de física teve como principal estratégia de ensino o estudo de caso histórico. Apresentamos aqui, a análise do estudo de caso histórico elaborado por

⁺ A historical case study of Foucault's experiment in Brazil, made by a High School teacher on in-service distance learning

* *Recebido: julho de 2015.*
Aceito: novembro de 2015.

¹E-mail: edmundo.cruzeiro@gmail.com

²E-mail: fernandojoseluna@gmail.com

³E-mail: cassiana.machado@ifrj.edu.br

⁴E-mail: mariliapaixaolinhaires@gmail.com

⁵E-mail: mrbasegoda@ig.com.br

uma professora bem como a análise de trechos do vídeo em que ela apresenta a sequência didática que utilizará com seus alunos do ensino médio. O estudo de caso histórico envolve a primeira experiência do pêndulo de Foucault realizada no Brasil e contribui para a valorização da cultura científica nacional. A análise textual discursiva (ATD) aplicada ao estudo de caso histórico possibilitou a produção de três metatextos que podem ser usados para explicar aspectos controversos da natureza da ciência como, por exemplo, os debates provenientes entre as teorias geocêntrica e heliocêntrica. A ATD aplicada na sequência didática elaborada pela professora, possibilitou a construção de outro metatexto que pode ser usado para evitar a visão anacrônica da ciência e explicar o movimento do pêndulo de Foucault nos dois hemisférios.

Palavras-chave: *História da ciência; Professores de Física; Formação continuada.*

Abstract

This paper addresses a qualitative research on in-service education of Physics teachers that aimed to evaluate a proposal based on the History of Science approach designed for a distance mini-course. Based on the investigative model and organized through an educational model for distance learning, the continuing education course considered the historical case study as a main teaching strategy. We address here the historical case study made by a teacher, and the analysis of excerpts of a video in which she presents the didactic sequence she will use with her high school students. The historical case study involves the first Foucault's Pendulum Experience held in Brazil and contributes to the enhancement of national scientific culture. The discursive textual analysis (DTA) applied to the historical case study enabled the production of three metatexts that can be used to explain controversial aspects of the nature of science, such as the discussions between the geocentric and heliocentric theories. ATD applied in the didactic sequence elaborated by the teacher enabled the construction of another metatext that can be used to avoid the anachronistic view of science and explain Foucault's pendulum motion in both hemispheres.

Keywords: *History of Science; Physics teachers; In-service education.*

I. Introdução

A prática docente dos professores de Física enfatiza a memorização de fatos e fórmulas e a resolução de exercícios repetitivos, o que pouco contribui com a formação de cidadãos críticos (BORGES, 2006, p. 136).

Geralmente, o professor não apresenta uma visão global dos conteúdos de física e não proporciona ao discente, uma contextualização sociocultural dos conteúdos ministrados, não os reconhecendo, portanto, como uma construção humana num contexto cultural, social, político e econômico.

Devido ao número excessivo de aula do professor ou, por carência na sua formação inicial e continuada, ou ainda pela exigência do vestibular, que muitas vezes requer dos candidatos conhecimentos isolados, com a teoria distante da realidade dos mesmos; os professores não inovam suas estratégias de ensino, tendendo a conceber, conforme Menezes *et al.* (1994): “objetivos principais, como sendo o aprendizado de leis gerais em nível abstrato e, complementarmente, o desenvolvimento da capacidade de aplicação de tais leis”.

Acreditamos que esta prática, tão amplamente utilizada, advém do fato de que os professores reproduzem os métodos de ensino de Física que vivenciam em sua formação (PORLÁN; RIVERO, 1998). Além disso, os professores em geral, não se sentem motivados e apoiados para desenvolver práticas diferenciadas e inovações em suas aulas (BORGES, 1996).

Para minimizar esse ensino decorado e melhorar a qualidade do processo ensino-aprendizagem, algumas ações têm sido executadas na formação continuada de física no sentido de cobrir as lacunas provenientes da formação superior do docente de física e favorecer o desenvolvimento profissional do professor.

Os resultados dessas ações mostram que os professores de física em serviço estão insatisfeitos com os métodos tradicionais de ensino e apontam dificuldades para promover ações interdisciplinares, contextualizar o conteúdo e inserir a história da ciência em suas aulas. Estes fatores ocorrem devido à formação insuficiente desse tópico na graduação que eles fizeram (REZENDE *et al.*, 2003). Os professores de física encontram também problemas para planejar as atividades de avaliação na perspectiva construtivista, devido à falta de tempo para promover tais ações nas escolas em que trabalham (DRIVER *et al.*, 1994).

Assim esperamos que a formação continuada, considere a existência de lacunas na formação inicial dos professores, mas que elas possam ser tratadas integralmente à *praxis* docente, considerando condições de atuação na unidade escolar (SAUERWEIN; DELIZOICOV, 2008).

Um curso de formação continuada para professores do ensino básico realizado na Finlândia na segunda metade da década de 1990 permitiu que os professores refletissem e discutissem em pequenos grupos, seus conhecimentos sobre física e o ensino de física (JAUHAINEN *et al.*, 2002). O curso foi realizado em uma instituição de ensino superior daquele

país e os participantes discutiram conceitos de física, realizaram experimentos de laboratório, tiveram aula de história da física e de estratégias para o ensino de física.

Após um ano de realização do curso, os professores em serviço foram consultados para saber se eles conseguiram aplicar na sala de aula o conhecimento aprendido no curso. Os professores relataram que a história da física deixou suas aulas mais interessantes devido às conexões realizadas entre os conceitos físicos e os aspectos históricos e sociais (JAUHIAINE *et al.*, 2002).

A história da ciência pode ser um caminho para reduzir as características de um ensino tradicional porque, segundo Matthews (1995), (1) motiva e atrai os alunos; (2) humaniza a matéria; (3) promove uma compreensão melhor dos conceitos científicos por traçar seu desenvolvimento e aperfeiçoamento e favorece o aprendizado de aspectos da natureza da ciência⁶.

A utilização da história da ciência não é assunto recente. No final do século XIX professores ingleses já inseriam a história da ciência em suas aulas como uma maneira de motivar os discentes nas aulas de ciências (SHERRATT, 1982, apud SEQUEIRA; LEITE, 1988). O debate para a anexação da história da ciência nos currículos de ciências foi amplamente discutido em todo o século XX (DUARTE, 2004)

As Diretrizes para professores sugerem que o professor do ensino básico reúna condições para superar a fragmentação dos conteúdos (BRASIL, 2001, p. 28). Essa fragmentação pode ser reduzida, por exemplo, através do entendimento de aspectos da natureza da ciência, da evolução dos conceitos de física e da associação entre tais conceitos aos seus aspectos sociais, históricos, culturais e econômicos que lhe deram origem. Segundo Sasseron *et al.* (2013), o entendimento, da natureza da ciência, dos conceitos científicos e das relações de tais conceitos com o contexto tecnológico e social são eixos estruturantes para a alfabetização científica.

Para que o professor de física crie condições para alfabetizar cientificamente seus alunos e superar o ensino fragmentado, é preciso que o docente participe de formação continuada.

Porém, o número excessivo de aulas e a falta de espaço no calendário escolar são alguns obstáculos que dificultam a procura por cursos de formação continuada para a atualização profissional do professor de física.

Diante desse cenário, a Educação à Distância, distante de ser a solução, pode ser vista como uma opção para auxiliar o docente na busca de sua qualificação profissional porque

⁶ O termo Natureza da Ciência, proveniente do inglês “*nature of science*” (NOS), apareceu como proposta para a restauração da educação científica nos Estados Unidos, Europa e também em outros países como o Brasil (MOURA, 2008, p.10). “A Natureza da Ciência compreende questões sobre a existência de um método científico, as influências de contextos sociais, culturais, religiosos, políticos, entre outros no desenvolvimento, aceitação ou rejeição de ideias científicas, o papel da imaginação na elaboração de teorias e hipóteses, os erros e acertos cometidos pelos cientistas ao longo de suas atividades e muitos outros” (MOURA, 2008, p.10)

permite transpor algumas dificuldades relacionadas ao deslocamento e permite uma melhor flexibilidade do tempo do professor.

A lei de Diretrizes e Bases e as Diretrizes Curriculares Nacionais para a formação de professores para a educação básica reconhecem a importância da modalidade da educação à distância para a formação continuada.

Segundo o art. 80 da LDB “O Poder Público incentivará o desenvolvimento e a veiculação de programas de ensino a distância, em todos os níveis e modalidades de ensino, e de educação continuada” (LDB, 1996, sem paginação).

De acordo as Diretrizes Curriculares Nacionais para Formação de Professores da Educação Básica, a comunicação oral e escrita convive cada dia mais veementemente com a comunicação eletrônica, propiciando o compartilhamento de informações entre pessoas separadas geograficamente (BRASIL, 2001, p. 9).

A estratégia quatro da Meta 15 do PNE propõe a organização e a oferta de cursos de formação de continuada através da plataforma eletrônica Paulo Freire. Essa estratégia tem como diretriz “consolidar e ampliar plataforma eletrônica para organizar a oferta e as matrículas em curso de formação inicial e continuada de profissionais da educação, bem como para divulgar e atualizar seus currículos eletrônicos” (PNE, 2014, sem paginação).

Como resultado do PNE/2014, as Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial e Continuada dos Profissionais do Magistério da Educação Básica (Parecer 2/2015 aprovado em 09/06/2015) descrevem alguns princípios da formação inicial e continuada de profissionais do magistério da educação. Dentre eles, o Parecer 2/2015 enfatiza “a garantia de padrão de qualidade dos cursos de formação de docentes ofertados pelas instituições formadoras nas modalidades presencial e à distância” (BRASIL, 2015, p. 23)

Na esfera Estadual do Espírito Santo (estado que se desenvolveu nossa pesquisa), as Diretrizes para a Formação Continuada dos Profissionais desse estado vêm atender, o item Desenvolvimento de Pessoas descrito na lei Complementar nº 637 (veja: Espírito Santo, 2012). Segundo essa lei, os planos e políticas relacionados ao item desenvolvimento de pessoas deverão:

[...] promover ações educacionais alinhadas às necessidades estratégicas da SEDU e que estimulem o aprendizado contínuo do servidor, buscando: a) complementação da formação inicial; b) contínuo desenvolvimento da formação do quadro de servidores; c) aperfeiçoamento de desempenho; d) preparação para atuação em atividades mais complexas e demandas futuras (SEDU, 2014, p. 8).

Ancorado à lei de nº 637 supracitada e às Diretrizes para a formação continuada dos Profissionais de Educação do Espírito Santo foi criado o Centro de Formação dos Profissionais da Educação do Espírito Santo (CEFOPE) através da lei nº 10.149, de 17 de dezembro de 2013. Vinculado à SEDU, o CEFOPE visa “atender as necessidades de formação continuada da rede pública estadual de educação” (SEDU, 2014, p.10).

No ano de 2014, o CEFOPÉ organizou a 1ª formação integrada – SEDU/UNDIME. A temática foi a diversidade na Escola e teve como objetivo discutir temas como Gênero e diversidade Sexual na Escola, Relações Étnico Raciais Afro-brasileiras; educação ambiental no currículo escolar, violência, dentre outros. O público alvo professores do Ensino Médio de todos os municípios das redes estadual e municipal do Estado do Espírito Santo. O Curso, com 25 horas de duração teve 6580 vagas ofertadas e 6500 concluintes.

Outras ações formativas foram realizadas pelas Secretárias Regionais de ensino do Estado do Espírito Santo, de forma independente, ou em parceria com instituições de ensino superior com o objetivo de promover o desenvolvimento contínuo da formação do quadro de servidores do referido Estado. Não foi encontrado, no entanto ações formativas no estado do Espírito Santo que contemplasse a formação continuada de história da ciência na modalidade do ensino à distância e nem na modalidade do ensino presencial.

Buscando alternativas para a capacitação permanente dos docentes de física e melhorar a qualidade das aulas dessa disciplina planejamos e executamos no período de 02 de agosto de 2014 a 04 de outubro de 2014 uma pesquisa de natureza qualitativa na formação continuada de professores de física do Ensino Médio, no qual buscou avaliar uma proposta de história da ciência por meio de um minicurso à distância. O minicurso, com carga horária de 80 horas, ministrado na modalidade do ensino à distância para professores de física do Ensino Médio, aconteceu através de uma parceria entre o Instituto Federal do Espírito Santo a Secretaria Regional de Ensino do município de Cachoeiro de Itapemirim – ES. Organizado em oito aulas o minicurso foi uma ação executada na nossa pesquisa para mensurar a evolução dos conhecimentos dos docentes em relação à natureza da ciência, aos conceitos científicos e aos aspectos da cultura local do Espírito Santo (impacto do transporte ferroviário na cidade de Cachoeiro de Itapemirim- ES). Além disso, a pesquisa teve como propósito verificar se os professores incorporaram subsídios teóricos- metodológicos de história da ciência para promover um ensino investigativo com seus alunos do Ensino Médio. Apresentamos aqui, os resultados da pesquisa obtidos na aula 8. Nessa aula analisamos um estudo de caso histórico elaborado por uma professora que participou da pesquisa e um recorte de uma gravação em vídeo no qual ela mostra a sequência didática⁷ utilizada na 2ª etapa do estudo de caso. Informações adicionais sobre essa sequência didática foram obtidas através do planejamento de aula, que a professora entregou pelo ambiente virtual.

⁷ A sequência didática é um termo usado na área da educação para elucidar uma ação encadeada de fases interligadas para tornar mais efetivo o processo de aprendizagem. A sequência didática é formada pelos seguintes elementos: “atividades ordenadas, estruturadas e articuladas para a realização de certos objetivos educacionais, que têm um princípio e um fim conhecidos tanto pelos professores como pelos alunos” (ZABALA, 1998, p. 51).

II. Fundamentação teórica

Muitos autores, tais como Matthews (1995), Allchin (1999) e Forato (2009) apontam a história da ciência como alternativa para reduzir o ensino fragmentado tornando o ensino da física eficaz e contextualizado fazendo com que os alunos desenvolvam um saber crítico, amplo e interdisciplinar. Assim, a história da ciência é importante para o ensino por que: a) promove a humanização da ciência, que consiste em associar o desenvolvimento da ciência às questões éticas, culturais, sociais, políticas e econômicas, segundo o contexto de cada época e lugar. Essa associação motiva aqueles discentes que não se interessam pelas estratégias de ensino “tradicionais” (MATTHEWS, 1995; FERREIRA; MARTINS, 2008a; MCCOMAS, 2013; p. 429), b) contribui para o tratamento interdisciplinar dos conteúdos (MATTHEWS, 1995; FERREIRA; MARTINS, 2008a; MCCOMAS, 2013, p. 429; ZANETIC, 1989), c) mostra a importância intrínseca da história da ciência como “herança cultural da humanidade” (FERREIRA; MARTINS, 2008a;), d) auxilia a compreensão dos conteúdos científicos (MATTHEWS, 1995; FERREIRA; MARTINS, 2008a; MCCOMAS, 2013, p. 429; PEDUZZI, 2011, p. 15), e) permite que o professor entenda as concepções alternativas dos estudantes (FERREIRA; MARTINS, 2008a;), f) contribui para evitar as visões deformadas da construção do conhecimento científico (FERREIRA; MARTINS, 2008; GIL PÉREZ *et al.*, 2001), g) fundamenta teoricamente a didática de ciências (FERREIRA; MARTINS, 2008a).

Após a descrição e a explicação dos argumentos favoráveis ao uso da história da ciência no ensino, é necessário entender as principais estratégias didáticas da história da ciência para que a intervenção do professor seja mais consciente na sala de aula.

Uma maneira de auxiliar o professor a lecionar história da ciência consiste na aplicação das estratégias de ensino de história da ciência na educação científica, descritas em McComas (2013). Essas abordagens envolvem o uso de fontes originais, estudos de caso históricos, dramatização, experimentos históricos, biografia e autobiografias de cientistas, a história da ciência presentes nos livros didáticos. McComas propôs essa classificação com dois objetivos distintos: o primeiro foi para explicitar ao leitor o grande número de abordagens e exemplos da história da ciência que pode ser usada no ensino de ciências. O segundo teve como propósito alertar o leitor sobre as aplicações distintas dessas estratégias na educação científica e revelar que os esforços diversos de professores e estudantes para a aplicação dessas estratégias, não produzem necessariamente o mesmo impacto no aprendizado e na afetividade do aluno.

As fontes originais representam a abordagem da história da ciência na qual os alunos estudam conceitos vigentes da época a partir dos escritos dos cientistas e, então participam de discussões sobre o que eles estudaram (MCCOMAS, 2013). Ainda segundo esse autor a interação com trabalhos originais pode ser classificada como: a) trabalhos originais completos (podem incluir comentários originais) e trabalhos originais resumidos (podem incluir comentários adicionais).

O estudo de caso histórico se caracteriza por princípios gerais que possibilitem o

resgate do contexto em que se deu algum problema marcante na ciência (STINNER *et al.*, 2003). Esse contexto histórico revela os motivos pelos quais certos aspectos do desenvolvimento da ciência e da tecnologia. Estes aspectos incluem as questões pessoais do cientista bem como seu envolvimento com questões éticas, sociológicas, políticas, econômicas e religiosas.

A dramatização é uma estratégia de ensino nas quais os alunos interpretam personagens históricos da ciência com o objetivo de agir, debater ou responder como se fossem essas pessoas (MCCOMAS, 2013, p. 438). Uma encenação dos debates entre Simplicio (defensor das ideias de Aristóteles) e Salviati (defensor das ideias de Galileu) poderia ser um bom exemplo de dramaturgia.

“Os experimentos históricos consistem na reprodução de experimentos e outras abordagens práticas para o engajamento com alguns aspectos históricos da ciência” (MCCOMAS, 2013, p. 440).

A biografia e autobiografia é o relato da vida e/ou da pesquisa dos cientistas escritas por eles mesmos (autobiografia) ou por outra pessoa (biografia). MCComas (2013) relata alguns exemplos de autobiografias de Charles Darwin, James Watson e Richard Feynman; e biografias, tais como: Galileo's Daughter, Einstein e Isaac Newton. MCComas cita alguns produtos de mídia que tem sido produzido com fins educacionais como, por exemplo, a série Mind Works contendo oito vídeos envolvendo os trabalhos de *Galileo*, na cinemática; de *Duchalteleet* e Voltaire, na dinâmica; do Conde Rumford, na termodinâmica; de Curie e Huggins sobre átomos e matéria; entre outros.

A História da ciência em livros didáticos como estratégia de ensino, procura analisar os conteúdos de história da ciência veiculados nos livros didáticos, com o objetivo de auxiliar o professor a identificar os conceitos de história da ciência e, possíveis visões deformadas da natureza da ciência presentes nesses livros didáticos. Quando os cientistas são mencionados nos livros didáticos “... suas contribuições estão limitadas a poucas frases, talvez uma figura, e às datas de nascimento e morte” (MCCOMAS, 2013, p. 439).

Essas estratégias não constituem divisões estanques, elas se complementam umas com outras. Por exemplo, pode-se utilizar na 2ª fase do estudo de caso histórico experimentos históricos, fontes originais, dramatização ou até mesmo, conteúdos de história da ciência presentes em livros didáticos.

A utilização dessas estratégias de ensino pode acontecer através de um ensino investigativo. O modelo de ensino investigativo descrito em Pórlan e Rivero (1998) propõe um ensino, no qual estudantes e professores exercem um papel ativo. Neste modelo, os alunos se defrontam com algumas situações-problema que exigem posturas investigativas, nas quais, devem elaborar hipóteses e propor soluções. As atividades são contextualizadas, com temas socialmente relevantes e com incentivo da atuação dos alunos. A avaliação tem como objetivo identificar as dificuldades dos alunos e promover reflexões sobre a evolução dos estudantes.

III. Metodologia

III.1 Pesquisa qualitativa

Consideramos que os procedimentos vinculados às abordagens qualitativas de pesquisa se mostraram mais adequados para o tipo de investigação que nos propomos empreender. Bogdan e Biklen (1994, p. 47-50) apresentam cinco principais características que identificam uma investigação de natureza qualitativa. A seguir mostramos uma síntese de tais características segundo esses autores:

i) A fonte direta de dados é o ambiente natural; e o pesquisador como seu principal instrumento. A pesquisa qualitativa supõe o contato direto e prolongado do pesquisador com o ambiente e a situação que está sendo investigada.

ii) A pesquisa é descritiva; O material obtido nessas pesquisas é rico em descrições de pessoas, situações, acontecimentos; inclui transcrições de entrevistas e de depoimentos, fotografias, desenhos e extratos de vários tipos de documentos. Citações são frequentemente usadas para subsidiar uma afirmação ou esclarecer um ponto de vista. Todos os dados da realidade são considerados importantes. O pesquisador deve, assim, atentar para o maior número possível de elementos presentes na situação estudada, pois um aspecto supostamente trivial pode ser essencial para a melhor compreensão do problema que está sendo estudado.

iii) Os investigadores interessam-se mais pelo processo que pelos resultados ou produtos. O interesse do pesquisador ao estudar um determinado problema é verificar como ele se manifesta nas atividades, nos procedimentos e nas interações cotidianas.

iv) Os investigadores tendem a analisar os seus dados de forma indutiva. Os pesquisadores não se preocupam em buscar evidências que comprovem hipóteses definidas antes do início dos estudos. As abstrações se formam ou se consolidam basicamente a partir da inspeção dos dados num processo de baixo para cima.

v) O significado é de importância vital em investigações dessa natureza. Nesses estudos há sempre uma tentativa de capturar a "perspectiva dos participantes", isto é, a maneira como os informantes encaram as questões que estão sendo focalizadas. Ao considerar os diferentes pontos de vista dos participantes, os estudos qualitativos permitem iluminar o dinamismo interno das situações, geralmente inacessível ao observador externo.

Percebemos que na pesquisa qualitativa o interesse não está em fazer inferências estatísticas; o enfoque é descritivo e interpretativo ao invés de explanatório ou preditivo. A interpretação dos dados é o aspecto crucial da pesquisa qualitativa, isto é, interpretação do ponto de vista de significados: significados do pesquisador e significados dos sujeitos. Por isso, a narrativa torna-se valorizada, pois, ao invés de usar gráficos, coeficientes e tabelas estatísticas para apresentar resultados e asserções de conhecimento, o pesquisador interpretativo narra o que fez, e sua narrativa é enriquecida com trechos de entrevistas, excertos de suas anotações, vinhetas, exemplos de trabalhos de alunos, entremeados de comentários interpretativos procurando persuadir o leitor, buscando apresentar evidências que suportem sua interpretação (MOREIRA, 2002). Em resumo, o pesquisador interpretativo observa participativamente, de

dentro do ambiente estudado, imerso no fenômeno de interesse, anotando cuidadosamente tudo o que acontece nesse ambiente, para buscar “compreender o processo mediante o qual as pessoas constroem significados e descrever em que consistem estes mesmos significados” (BOGDAN; BIKLEN, 1994, p. 70). É neste sentido que as características da pesquisa qualitativa se coadunam com nossa postura metodológica ao longo da proposta didática.

Nosso trabalho foi embasado na metodologia de pesquisa qualitativa, pois procura entender os argumentos de professores em exercício sobre a inserção da história da ciência no ensino de física. Assim o pesquisador ficou atento e imerso no trabalho de pesquisa buscando sempre entender as “manifestações humanas observáveis” (GÜNTHER, 2006, p.201).

Em nossa pesquisa, essas manifestações humanas observáveis foram os registros dos professores num ambiente virtual e a análise dos excertos de um vídeo gravado no encontro presencial.

III.2 O desenvolvimento da pesquisa

Inicialmente realizamos um diagnóstico do campo de estudo, que aconteceu através da seguinte sequência de procedimentos:

1) Conversa com o Diretor de pesquisa do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) do Campus Cachoeiro de Itapemirim sobre a possibilidade de implementação da pesquisa em história da ciência no ensino.

2) Conversa com as técnicas pedagógicas da secretaria de educação de Cachoeiro de Itapemirim para entender o perfil dos professores e seu cotidiano na sala de aula.

3) Consulta ao currículo do ensino básico da secretaria de educação do Espírito Santo (SEDU-ES).

A partir da definição dos problemas, obtidos com o diagnóstico do campo de estudo, iniciamos a fase de estruturar a proposta didática que ocorreu através da construção de um mapa de atividades. O mapa de atividades consiste numa tabela com a descrição do tema principal e subtemas (conteúdos), objetivos específicos, atividades e seus graus de dificuldade, recursos da plataforma virtual utilizados, dentre outros (CARNEIRO *et al.*, 2010). O mapa de atividades é a etapa do planejamento do professor, para a elaboração de uma sala virtual. Os temas de história da ciência trabalhados nos cursos de acordo com o mapa de atividades são apresentados na tabela 1.

Tabela 1 – Assuntos trabalhados nas aulas do minicurso e os instrumentos utilizados para mensurar a aprendizagem dos professores.

Aulas	Assunto	Instrumento para mensurar o conhecimento dos professores
1º encontro presencial	Apresentação da disciplina/Capacitação Moodle.	-Fórum sobre as principais dúvidas da apresentação da disciplina e do ambiente virtual Moodle

Aula 1	Historiografia da ciência: o que é história da ciência; a trajetória de consolidação da história da ciência; história da ciência internalista e externalista	-Questionário aplicado antes e depois das leituras no ambiente virtual.
Aula 2	História da ciência e ensino: o potencial pedagógico da história e da filosofia da ciência; argumentos favoráveis e contrários à história da ciência no ensino; problemas e dificuldades da história e filosofia da ciência no ensino.	-Fórum sobre as vantagens e possíveis desvantagens da história da ciência no ensino.
Aula 3	Episódios e estudos de caso históricos: Episódios históricos no ensino de ciências; conceito de estudo de caso histórico; diretrizes para montar um estudo de caso histórico; orientações para utilizar o estudo de caso histórico em sala de aula.	-Fórum sobre as vantagens e principais obstáculos para a utilização da estratégia estudo de caso histórico.
Aula 4	História da gravitação universal: Lei da Gravitação Universal de Newton; constante gravitacional; aceleração gravitacional; o pêndulo simples (conteúdos trabalhados através do episódio histórico: “Oscilações e medições no Brasil Colonial”)	-Questionário implícito no estudo de caso histórico trabalhado foi aplicado antes e depois das leituras e visualização de simulações no ambiente virtual.
Aula 5	História da Termodinâmica- parte I: Calor; Máquinas térmicas; Segunda lei da termodinâmica; Ciclo de Carnot (conteúdos trabalhados através do episódio histórico: “O desenvolvimento das máquinas térmicas do século XIX”)	-Questionário implícito no estudo de caso histórico trabalhado. O questionário foi aplicado antes e depois das leituras.
Aula 6	História da termodinâmica- parte II: A ferrovia em Cachoeiro de Itapemirim (impactos sociais, políticos e econômicos); o funcionamento da locomotiva a vapor (conteúdos trabalhados através do episódio histórico: “O desenvolvimento das máquinas térmicas do século XIX”).	-Questionário implícito no estudo de caso histórico trabalhado. O questionário foi aplicado antes e depois das leituras e visualização de vídeos sobre a ferrovia em Cachoeiro de Itapemirim.
Aula 7	História das Máquinas Simples: Alavancas (conteúdo trabalhado através do episódio histórico “O padre Ignácio Monteiro: as máquinas simples e as controvérsias do ensino português do século XVIII).	-Questionário implícito no estudo de caso histórico trabalhado. O questionário foi aplicado antes e depois das leituras de uma fonte primária do século XVIII. -Fórum sobre as controvérsias no ensino de Portugal do século XVIII.
Aula 8	Planejamento de aula com estudos de caso histórico: produção de um estudo de caso histórico com ênfase nos episódios da história da ciência no Brasil; planejamento de uma aula de história da ciência envolvendo o estudo de caso histórico.	-Sequência didática postada pelo professor no ambiente virtual.
2º encontro presencial	Exposição do plano de aula envolvendo os estudos de caso elaborados pelos participantes do curso/ Avaliação dos docentes em relação à formação continuada	- Vídeo

Participaram do curso onze professores de física do Ensino Médio da região sul do Estado do Espírito Santo. O curso aconteceu entre os dias 02/08/2014 à 04/10/2014, foi ministrado à distância (com oito aulas, uma em cada semana) e teve dois encontros presenciais. Os encontros presenciais aconteceram no primeiro e no último dia do curso. O primeiro dia foi destinado à apresentação da disciplina e o último os professores apresentaram o planejamento de aula elaborado na Aula 8.

A partir do mapa de atividades de atividades, construímos a sala virtual <<https://ead.ci.ifes.edu.br/course/view.php?id=52>>. Essa ação foi controlada e fundamentada de modo a registrar as informações que em um momento posterior apontou as evidências empíricas dos participantes do curso. Para esse curso, o registro das informações foi obtido através do relatório de participação das atividades propostas pelo professor no ambiente virtual tais como: participação em fórum, interação com a simulação computacional, envio de arquivo único, acesso aos vídeos disponíveis, questionários dentre outros. A plataforma virtual utilizada foi o Moodle, que é, segundo Ferrari (2008), um ambiente desenvolvido em 1970, que contém diversos recursos criados especialmente para a educação à distância tais como links, vídeos ou simulações computacionais, fórum, questionários, tarefas, dentre outros. As ligações externas ou links permitem que o aluno visualize vídeos provenientes da internet.

As ações desencadeadas no curso foram monitoradas pelo pesquisador e por um colaborador. Este último estava disponível para resolver possíveis problemas técnicos que poderiam acontecer. O acompanhamento do curso aconteceu através do diálogo constante com os alunos nos fóruns. Essa ferramenta é um local onde os participantes podem registrar suas dúvidas e/ou as suas colaborações. Um fórum é uma das ferramentas mais eficientes da plataforma Moodle, pois permite a comunicação assíncrona entre os participantes, possibilitando assim que qualquer usuário possa editar e publicar sua opinião sobre um determinado assunto, sem estar conectado ao mesmo tempo com o seu professor ou colega.

III.3 A estratégia de ensino predominante na pesquisa

Os assuntos discutidos na aula 1 foram a historiografia da ciência e na aula 2 foi a história da ciência no ensino. Acreditamos que os professores ficariam mais envolvidos e comprometidos com a estratégia de ensino dos estudos de caso histórico (utilizadas nas outras aulas) ao compreenderem a trajetória da história da ciência como atividade de pesquisa (aula 1) e os argumentos favoráveis e contrários para a inserção da história da ciência na sala de aula (aula 2).

Dessa forma o minicurso de história da ciência no ensino foi elaborado segundo as diretrizes do estudo de caso histórico. O método de estudo de caso histórico é uma estratégia de ensino que se utiliza de narrativas sobre indivíduos enfrentando decisões ou dilemas (HERREID, 1994). A aproximação dos estudos de caso à história da ciência se deve, à capacidade dos estudos de caso proporcionar a compreensão de fatos, valores e contextos presentes em sua narrativa. A elaboração dos estudos de caso histórica toma como base as orienta-

ções de Stinner *et al.* (2003), que o estruturam em três partes: 1) contexto histórico; 2) experimentos e ideias principais; 3) implicações para a alfabetização científica e o ensino de ciências.

Quando um estudo de caso histórico é trabalhado os estudantes seguem três passos (LINHARES; REIS, 2008): 1) expõem suas ideias sobre problemas apresentados no estudo de caso; 2) são encaminhados textos para leitura, confecção de resenhas, realizadas discussões e atividades práticas em sala de aula; 3) propõem novamente soluções para os problemas levantados no estudo de caso, entretanto considerando os conhecimentos adquiridos durante o processo.

As etapas do estudo de caso histórico estão de acordo com o modelo de ensino investigativo descrito em Pórlan e Rivero (1998) porque enfatiza as situações-problema nas quais, os alunos devem elaborar hipóteses e propor soluções para tais situações.

A estratégia do estudo de caso histórico foi utilizada pelos professores para elaborar uma aula para os seus alunos. Apresentaremos a seguir o desenvolvimento da Aula 8 deste minicurso onde foi solicitada essa tarefa aos professores:

III.4 Desenvolvimento da Aula 8

Na aula 8 solicitamos aos docentes que planejassem uma aula com estudo de caso histórico, incluindo uma sequência didática que seria iniciada com essa estratégia de ensino. Para isso disponibilizamos no ambiente virtual alguns episódios históricos sobre a história da ciência no Brasil:

- Minas Gerais e a História do Ferromagnetismo (PIMENTEL; YAMAMURA, 2006)
- Theodoro Ramos e os primórdios da Física Moderna no Brasil (STUDART *et al.*, 2004).
- John Archibald Wheeler e a física brasileira (JUNIOR; BASSALO, 2008)
- A Terra Gira! 1851: A primeira experiência com o pêndulo de Foucault no Brasil (MOREIRA, 2001)
- Henrique Morize, os raios-X e os raios catódicos (MOREIRA, 2003).

Segundo Santos-Neto (2007), os episódios da história no Brasil produzem uma maior valorização no que diz respeito à importância do país na produção e desenvolvimento do conhecimento científico universal, como uma ampla rede social.

Pedimos aos professores que escolhessem um desses episódios ou pesquisassem outros diferentes dos discutidos no curso para realizar a tarefa proposta nessa aula.

Os professores postaram seus estudos de caso no ambiente virtual e apresentaram presencialmente no último encontro presencial.

Os estudos de casos apresentados pelos professores foram: “O magnetismo terrestre, o funcionamento da bússola e a sua utilidade social” (AP); “A controvérsia em relação à teoria corpuscular da luz” (EA, MM); “Novas estratégias de divulgação científica e de revitaliza-

ção do ensino de ciências nas Escolas: Movimentos” (CS, TL); “A energia elétrica em Mimoso do Sul” (AM, CR); “A Terra gira! 1851, a primeira experiência com o pêndulo de Foucault no Brasil (MR)”

A maioria dos professores apresentou um estudo de caso utilizando temas da sua escolha (que não estavam disponíveis na plataforma virtual). Acreditamos as escolhas estavam relacionadas com familiaridade dos professores em relação aos conteúdos de cinemática (CS, TL), óptica (EA e MM) e eletricidade com história local (AM, CR).

A professora MR escolheu um dos episódios do ambiente virtual para montar o seu estudo de caso.

Apresentaremos aqui a análise do estudo de caso escolhido pela professora MR porque ele foi o que estava mais alinhado ao referencial teórico Stinner *et al.*(2003). Em seguida mostraremos a análise do vídeo de apresentação da professora MR em que a mesma explica a sequência didática que ela pretende usar com os seus alunos do 1º ano do ensino médio.

III.5 A técnica para analisar os dados

A fim de analisar esses registros dos professores foi utilizada Análise Textual Discursiva – ATD descrita em Moraes e Galiazzi (2011), metodologia apropriada para análises textuais. Como afirmam Moraes e Galiazzi (2011) esta análise pode partir de textos existentes ou de textos produzidos especificamente para a pesquisa em questão, esses textos são chamados corpus. O *corpus* deste trabalho é representado pelo texto do estudo de caso histórico escrito pela professora MR e a transcrição do vídeo de apresentação desta professora em que ela explicita uma sequência didática elaborada a partir deste estudo de caso histórico.

A ATD propõe-se a "descrever e interpretar alguns dos sentidos que a leitura de um conjunto de textos pode suscitar" (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 14). Esta análise se estrutura a partir de três etapas, que compõem um processo cíclico: a) Unitarização ou desmontagem dos textos, nesta etapa surgem as unidades de análise, também chamadas de unidades de significado ou sentido. Essas unidades podem ser empíricas, coletadas para a pesquisa, e teóricas, provenientes dos autores utilizados para embasar o tema pesquisado. Cada unidade de análise deve receber título, que represente a ideia principal da unidade e código, a fim de identificar seu texto de origem, bem como sua localização dentro desse texto; b) Estabelecimento de relações ou categorização: consiste na construção de relações entre as unidades de análise, tanto as empíricas, quanto as teóricas. Fazemos isso num processo recursivo de leitura e comparação entre as mesmas, resultando em conjuntos que apresentam elementos semelhantes, daí surgem às categorias. A ATD aceita tanto o estabelecimento de categorias a priori quanto de categorias emergentes ou ainda, categorias mistas (a priori e emergentes). c) Comunicação ou produção de metatextos: nessa etapa, percebe-se uma nova compreensão do todo, possibilitada pelo intenso envolvimento nas etapas anteriores. O objetivo agora será elaborar um texto descritivo e interpretativo, o qual se denomina metatexto, a partir das categorias. Segundo Moraes e Galliazzi (2001) saber empregar as categorias construídas na análi-

se para organizar a produção escrita é uma forma de atingir descrições e interpretações válidas dos fenômenos investigados. Afirmam ainda que "a qualidade dos textos resultantes das análises não depende apenas de sua validade e confiabilidade, mas é, também, consequência do fato de o pesquisador assumir-se autor de seus argumentos" (MORAES; GALIAZZI, 2011, p. 32). Desse modo, a ATD pode ser compreendida "como um processo auto-organizado de construção de novos significados em relação a determinado objetos de estudo, a partir de materiais textuais referentes a esses fenômenos." (MORAES; GALIAZZI, 2007, p. 45).

Neste trabalho as categorias utilizadas foram mistas. Para a análise do estudo de caso histórico elaborado pela professora, utilizamos as categorias *a priori* (Fig. 1) e para a análise do vídeo que mostra a sequência didática para trabalhar o estudo de caso, as categorias foram emergentes (Fig. 2).

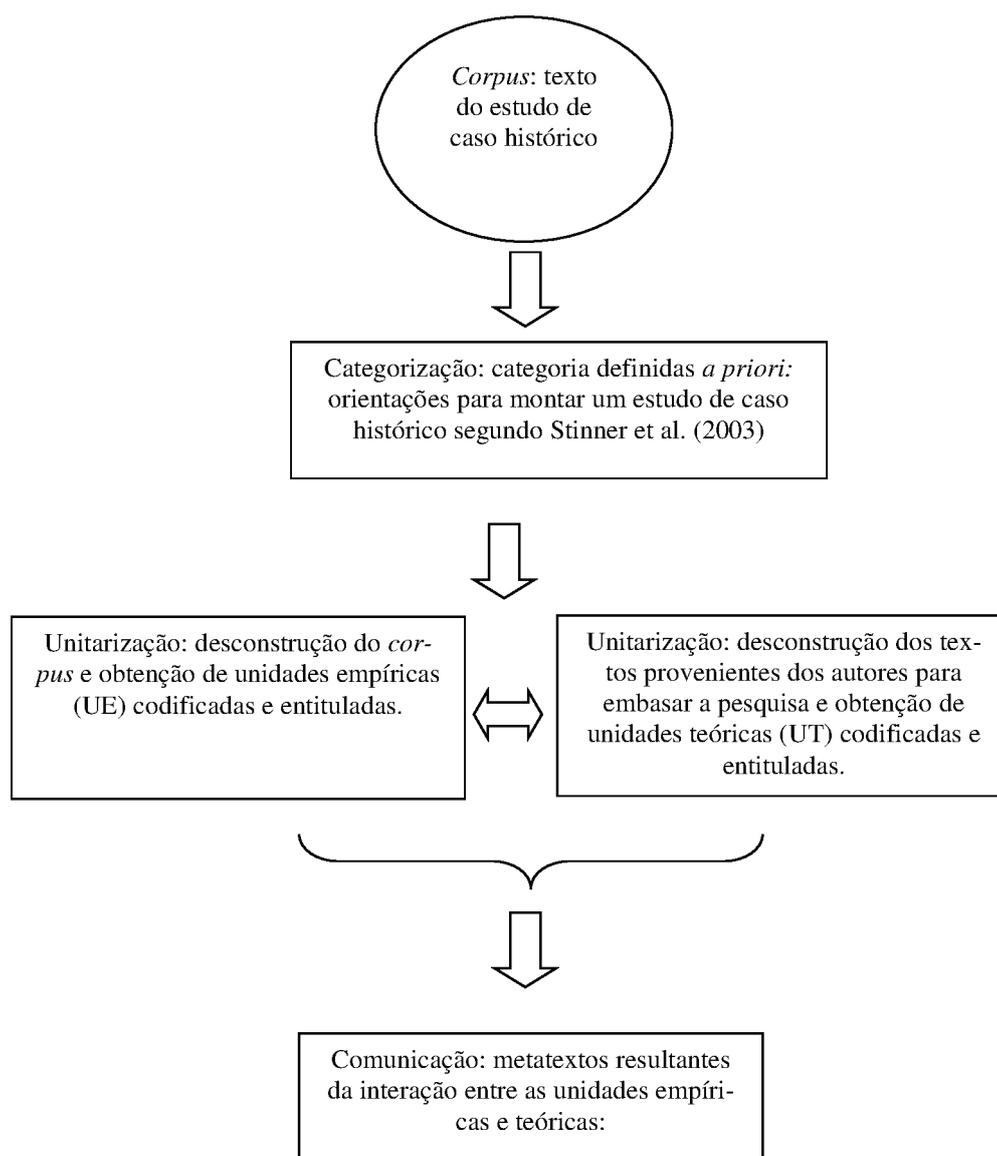


Fig. 1 – Síntese das etapas da ATD utilizada no texto do estudo de caso histórico.

As unidades empíricas (UE) correspondem a fragmentos de textos (frases ou parágrafos) retirados do *corpus* e transcritos literalmente.

As unidades teóricas (UT) são citações literais ou não de outros autores que não pertencem ao *corpus* e que estão relacionados com as unidades empíricas. Podem ser livros ou artigos.

Para o caso da Fig. 1 em que as categorias foram definidas *a priori*, o *corpus* é o texto do estudo de caso histórico sobre o pêndulo do Foucault descrito no item 4.1 deste trabalho.

As unidades empíricas e teóricas recebem um código e um título.

Assim: O código UE03MREC representa a 3ª unidade empírica selecionada do estudo de caso histórico elaborado pela professora MR. O código deve receber um título, neste caso: “Personagens perseguidos pela Igreja Católica por acreditar na teoria heliocêntrica.”

O código UT04REF01 representa a 4ª unidade teórica selecionada da referência teórica 01. O código deve receber um título, nesse caso: “Conflito entre a teoria heliocêntrica de Copérnico e a religião”.

Quadro 1 – Exemplos de unidades empírica e unidade teórica obtidas a partir da análise do estudo de caso histórico elaborado por uma professora de física do Ensino Médio.

UE03MREC- Personagens perseguidos pela Igreja Católica por acreditar na teoria heliocêntrica.

Giordano Bruno foi condenado à morte na fogueira por um Tribunal do Santo Ofício enquanto que Galileo Galilei [...] só não foi condenado pela Inquisição por ser amigo do Papa Urbano, e também porque abjurou de suas convicções científicas acerca desse tema.

UT04REF01- Conflito entre a teoria heliocêntrica de Copérnico e a religião.

A teoria de Copérnico avançava para discussões religiosas porque “o homem não estava mais situado num lugar adequado à natureza ímpar como imagem de Deus, no centro de todas as coisas, mas banido para um mero planeta entre tantos outros” (PONCSEK, 2011, p.75).

Para o caso da Fig. 2 em que a categoria foi obtida diretamente dos dados empíricos da pesquisa (categoria emergente), o *corpus* é a transcrição de trechos do vídeo em que uma professora do ensino médio explica a sequência didática utilizada para a resolução do estudo de caso histórico sobre o pêndulo de Foucault (item 4.2).

As unidades empíricas e teóricas recebem um código e um título. Assim:

O código UE06MRTV representa a 6ª unidade empírica selecionada da transcrição do vídeo da professora MR. O código deve receber um título, nesse caso: “Desafio aos alunos”.

O código UT01REF12 representa a 1ª unidade teórica da referência 12. O código deve receber um título, neste caso: “anacronismo”.

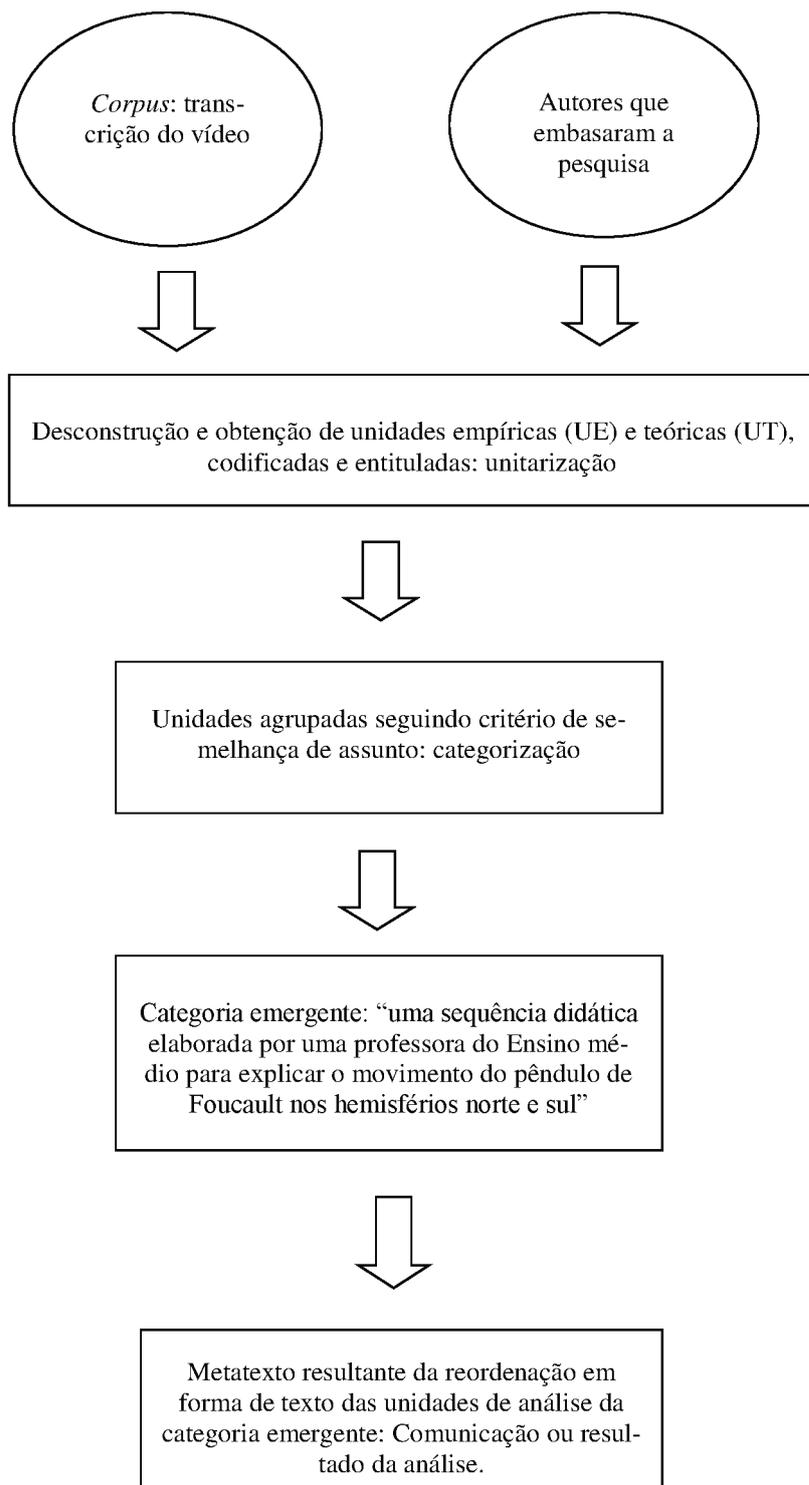


Fig. 2 – Síntese das etapas da ATD utilizada na transcrição do vídeo.

Quadro 2 – Exemplos de unidades empírica e unidade teórica obtidas a partir da análise da sequência didática proposta por uma professora do Ensino médio para explicar o movimento do pêndulo de Foucault.

UE06MRTV – Desafio aos alunos.

Eu peço que eles provem para mim, sem usar fotos, vídeos, nada disso com o que tinha lá no século XVI e XVII que a Terra gira. Deixo à vontade, só não pode foto, nem vídeo, que isso não existia nessa época. Até hoje nenhum aluno conseguiu (MR- transcrição do vídeo)

UT01REF12- Anacronismo.

A fala da professora nos revela que ela deseja evitar que seus estudantes vejam a história da ciência de maneira anacrônica, ou seja, ela quer evitar que os alunos entendam os fenômenos antigos a partir de conceitos atuais (FORATO, 2009).

IV. Resultados

IV.1 O Estudo de caso elaborado pela professora de física MR

A Terra gira! 1851, a primeira experiência com o pêndulo de Foucault no Brasil

Desde tempos imemoriais, o homem é fascinado pelas estrelas. O físico e astrônomo norte-americano Carl Sagan disse certa vez que nosso encanto pelas estrelas é uma espécie de reconhecimento e homenagem às nossas origens, uma vez que todos os átomos que nos constituem e a tudo que nos rodeia, vieram do interior de uma estrela.

Os gregos da Antiguidade criaram um modelo para descrever e explicar o movimento das estrelas e dos outros astros: imaginaram que a Terra estaria fixa no centro do Universo e envolvido por uma esfera negra, incrustada de estrelas que giravam continuamente em torno da Terra – modelo geostático.

Embora este modelo tenha sido aceito como verdade durante muitos séculos, e aparentemente estava em acordo com os textos bíblicos, notadamente no livro de Josué, atualmente ele está abandonado. Mas a troca desse modelo por outro, o modelo heliocêntrico, não foi nada fácil.

Em 1600, o padre Giordano Bruno foi condenado à morte na fogueira por um Tribunal do Santo Ofício por apregoar a ideia de que a Terra se movia, em torno de seu próprio eixo e em torno do Sol.

Alguns anos depois, o físico italiano Galileo Galilei, que também defendia essa mesma ideia – que a Terra não é imóvel – só não foi condenado pela Inquisição por ser amigo do Papa Urbano, e também porque abjurou de suas convicções científicas acerca desse tema.

Mas, ainda não havia uma demonstração astronômica definitiva em favor do sistema heliocêntrico. O silêncio sobre o tema, que a Igreja Católica procurava impor, ainda limitava seriamente os debates científicos. Já em meados do século 19, os astrônomos haviam acumulado evidências numerosas da rotação da Terra.

Porém, faltava uma prova terrestre, uma experiência feita na Terra que pudesse demonstrar seu movimento.

Como a rotação da Terra é muito lenta, era difícil comprovar experimentalmente esse movimento.

Em 1851, o astrônomo francês Jean Bernard Leon Foucault realizou uma experiência capaz de demonstrar esse movimento de rotação da Terra: fixou, no teto do Panteon de Paris, uma corda de 67 metros, onde prendeu uma esfera de ferro de 28 quilogramas, oscilando-a como um pêndulo.

Este pêndulo começou a apresentar uma lenta rotação no sentido horário. Além disso, durante o movimento areia ia escorrendo da esfera, com a intenção de marcar no chão a trajetória do pêndulo.

O que se verificou foi que o rastro deixado pela areia não se sobrepunha um ao outro, mas sim existia um espaçamento entre um e outro a cada período do pêndulo completado.

Este movimento foi explicado a partir da hipótese de que a Terra gira em torno do seu próprio eixo – movimento de rotação da Terra.

Este experimento ficou mundialmente conhecido como o pêndulo de Foucault.

Este experimento de Foucault iria cumprir um papel importante junto ao público em geral, junto às pessoas que não se dedicavam o suficiente aos estudos astronômicos para bem compreender e calcular paralaxes de estrelas e problemas semelhantes.

O grande papel desse experimento não foi o seu resultado propriamente dito, pois os astrônomos já estavam convencidos de que a Terra não era imóvel.

A explicação fornecida por Foucault era muito simples e ligava de forma clara o movimento da Terra ao movimento do pêndulo. Uma ideia genial acompanhada de uma análise simples e de um espetáculo para o público leigo.

A partir da divulgação dos resultados desse experimento, cientistas de várias nacionalidades passaram a reproduzi-lo.

Um dos primeiros a fazê-lo foi Cândido Batista de Oliveira, no Rio de Janeiro, ainda no ano de 1851, e suas publicações foram publicadas no Comptes Rendus da Academia de Ciências de Paris e também nas revistas Cosmose Poggendorff Annalen.

Com base no texto, convidamos você a refletir sobre as seguintes questões:

a) Por que o experimento de Foucault foi importante para o desenvolvimento da ciência?

b) Qual a importância do fato de Cândido Batista de Oliveira ter reproduzido o experimento de Foucault no Brasil, com êxito?

c) *O movimento do pêndulo proposto por Foucault aqui no Brasil e em Paris e exatamente igual? Por quê?*

Para a análise do estudo de caso histórico elaborado pela professora MR, optamos pela categoria *a priori* “[...] quando a opção é trabalhar com categorias *a priori*, o pesquisador deriva suas categorias de seus pressupostos teóricos [...]” (MORAES; GALIAZZI 2011, p. 117). Assim, a escolha pelas categorias *a priori* fundamentou-se nas orientações publicadas em Stinner *et al.* (2013, p. 620). As categorias escolhidas *a priori* foram: “contexto histórico”, “o experimento e as principais ideias” e “as implicações para a alfabetização científica e o ensino de ciências”. As falas da professora no metatexto, que correspondem às unidades empíricas, estão em *itálico*.

Metatexto – Contexto histórico

Para Stinner *et al.* (2003), o contexto histórico apresenta as ideias científicas do período histórico e mostra como esse período está conectado ao tema de estudo.

O contexto histórico que antecedeu a primeira experiência do pêndulo de Foucault começa no primeiro parágrafo com a expressão “*Desde tempos imemoriais, o homem é fascinado pelas estrelas [...]*” e vai até o sétimo parágrafo com a palavra “[...] *movimento*”.

Usando de expressão poética, a professora escreve sobre a beleza das estrelas como forma de introduzir a concepção de mundo aristotélico no qual as estrelas fixas na esfera celeste giram em torno da terra imóvel (modelo geostático). Posteriormente, a professora comenta sobre o contexto histórico (especificamente o religioso) que antecedeu a transição do modelo geocêntrico para o modelo heliocêntrico no qual a Terra e os demais corpos celestes estão em movimento em relação ao sol (que também é uma estrela).

Os modelos cosmológicos descritos por Ptolomeu usavam a formulação Aristotélica ao considerar a Terra *fixa no centro do Universo*. Esses modelos chamados de geostático e geocêntrico estavam coerentes com as observações de senso comum:

[...] se um corpo pesado busca com tanta urgência o seu lugar natural, é mais do que razoável supor que este ponto seja o centro do universo e não um ponto aleatório do espaço sideral. Por outro lado, ao atirmos uma pedra diretamente para cima, observamos que esta sempre volta para nossas mãos. Se a terra se movesse para leste, a pedra fatalmente cairia a oeste de nossas mãos. Não é o que se observa. Assim, pela mecânica aristotélica, se a terra se movesse, deveria haver um movimento violento (e, portanto, um agente externo) para fazer a pedra retornar às nossas mãos. Como vemos cair natural e verticalmente (e só pode haver um movimento de cada vez), é obrigatório, por esta concepção, acreditar-se que a terra não se move (PONCSEK, 2011, p. 65-66).

Percebemos assim que os modelos cosmológicos estão relacionados com o pensamento intuitivo das pessoas. Segundo Dewitt (2005), os pressupostos de Aristóteles estão pre-

sentas nas evidências diretas de observação, porque não percebemos o movimento da Terra. Na verdade, quando você está em repouso e olha pela janela do seu quarto, percebe a Terra como se ela fosse estacionária. Assim, o entendimento dos modelos cosmológicos descritos por Aristóteles, mesmo considerados atualmente obsoletos, auxilia o professor no entendimento das concepções prévias dos discentes e reconhecimento das suas dificuldades, possibilitando ao docente trilhar caminhos para efetuar a transição entre o conhecimento de senso comum, apresentado pelo aluno, e o conhecimento científico.

Segundo a professora MR os gregos da antiguidade consideravam que o universo era *envolvido por uma esfera negra, incrustada de estrelas que giravam continuamente em torno da Terra*. Os corpos celestes se encontravam fixos em esferas concêntricas:

[...] todos os corpos celestes estavam presos a esferas cristalinas. A primeira era a da lua, e a última, a das estrelas fixas. O universo dessa forma concebido era finito, limitado e eterno, sem uma origem. Além do limite das estrelas fixas não havia nada, nem mesmo lugar, visto que, para Aristóteles, um lugar não poderia se apresentar separado do corpo (BRAGA et al., 2011 p. 24).

Os corpos celestes seriam constituídos de um quinto elemento, ou “quinta essência”⁸ e descreveriam um movimento circular e uniforme “pois como seres imutáveis e perfeitos, deveriam seguir trajetórias igualmente perfeitas (os gregos sem exceções idolatravam o círculo)” (PONCSEK, 2011, p. 64).

Após o modelo geocêntrico descrito por Aristóteles/ Ptolomeu, surge o modelo heliocêntrico de Copérnico. No modelo heliocêntrico a terra se move em torno do sol que se encontra fixo; os planetas descrevem órbitas circulares e concêntricas (PONCSEK, 2011, p.72). Segundo a professora MR a troca do primeiro modelo pelo segundo *não foi nada fácil* e teve várias conseqüências. Os defensores da teoria heliocêntrica sofreram retaliações da Igreja Católica: *Giordano Bruno foi condenado à morte na fogueira por um Tribunal do Santo Ofício* enquanto que *Galileo Galilei [...] só não foi condenado pela Inquisição por ser amigo do Papa Urbano, e também porque abjurou de suas convicções científicas acerca desse tema*.

O modelo geocêntrico tinha sido adotado pela Igreja católica porque, segundo os defensores desse modelo, estavam coerentes com os textos bíblicos. A teoria de Copérnico avançava para discussões religiosas porque “o homem não estava mais situado num lugar adequado à natureza ímpar como imagem de Deus, no centro de todas as coisas, mas banido para um mero planeta entre tantos outros” (PONCSEK, 2011, p. 75).

Assim, a professora MR traz no seu estudo de caso histórico exemplos de controvérsias científicas entre duas teorias. Controvérsia científica pode ser entendida “como uma disputa conduzida publicamente e mantida persistentemente, sobre um assunto de opinião consi-

⁸ Na concepção de mundo aristotélica a quinta essência é o elemento éter que comporia dos corpos celestes (BRAGA et al. 2011, p. 21)

derado significativo por um número de cientistas praticantes” (NARASIMHAN, 2001, p. 299).

Para que as controvérsias científicas se transformem em uma discordância científica os cientistas devem publicar os seus trabalhos em artigos científicos, livros ou outras fontes confiáveis; como aconteceu em 1510, num curto texto manuscrito chamado *Commentariolus* e, em 1543, na obra “As Revoluções das Orbes Celestes”, no qual Nicolau Copérnico apresentou sua teoria heliostática (FERREIRA; MARTINS, 2008b), criticando a teoria aristotélica, dando início a uma duradoura controvérsia científica.

Episódios históricos controversos são importantes para o ensino porque insere o aluno no contexto da transição de uma teoria para outra. Dessa forma, o aluno entende que o processo de construção da ciência ocorre gradualmente, através de debates e críticas (MARTINS, 2006).

Metatexto – Experimento e as principais ideias

O experimento e as principais ideias oferecem o suporte empírico do estudo de caso. No estudo de caso apresentado pela professora o pêndulo de Foucault é o experimento que a professora pretende discutir com os seus alunos.

O experimento e as principais ideias iniciam no oitavo parágrafo com a frase: *Em 1851, o astrônomo francês Jean Bernard Leon Foucault realizou uma experiência capaz de demonstrar esse movimento de rotação da Terra [...] e termina no décimo segundo parágrafo com a frase “[...] pêndulo de Foucault”.*

Após alguns séculos de debates entre os defensores das teorias geocêntrica e heliocêntrica, no ano de 1851, o astrônomo francês Jean Bernard Leon Foucault realizou uma experiência capaz de demonstrar esse movimento de rotação da Terra. Esse experimento conhecido como pêndulo de Foucault comprovou o movimento da Terra.

O pêndulo de Foucault possui uma massa pendurada em um fio que pode oscilar livremente no plano vertical. O pêndulo oscila no plano vertical definido “podendo-se observar o movimento de precessão do plano de oscilação em torno do eixo vertical após um período de várias horas” (SYMON, 1996, p. 314).

O movimento de precessão desse plano é causado pela força de Coriolis⁹ que é perpendicular a velocidade da massa pendurada e ao plano de oscilação. Esta força tende a torcer o plano do movimento. Quando o sentido da velocidade se altera, o sentido da força de Coriolis também se modifica.

Para um referencial no solo, o plano de oscilação do pêndulo se movimenta. No entanto, para um referencial localizado no espaço absoluto, o plano de oscilação do pêndulo de Foucault fica estático:

⁹ A força de Coriolis é uma força fictícia $\mathbf{F} = -2m\mathbf{w} \times \mathbf{v}$, onde m representa a massa da partícula, \mathbf{w} é a velocidade angular do sistema de referência não inercial em relação ao sistema de referência inercial e \mathbf{v} é a velocidade da massa m em relação ao referencial não inercial (ASSIS 2013, p.174)

[...] de fato o plano de oscilação do pêndulo fica fixo no espaço, mas não em relação ao solo. Em particular, supõe-se que o plano de oscilação do pêndulo fique fixo em relação ao espaço absoluto de Newton, que é um referencial inercial. A Terra é que estaria girando com uma velocidade angular ω_d em relação ao espaço absoluto [...]. Esta rotação seria ao redor do eixo Norte-Sul terrestre, no sentido anti-horário quando visto por alguém que está parado no espaço absoluto, olhando do Norte terrestre para o Sul (ASSIS, 2013, p. 149).

A Fig. 5 representa a Terra em movimento de rotação em relação ao espaço absoluto; ω_p representa a frequência angular de rotação do pêndulo.

Metatexto – As implicações para a alfabetização científica e o ensino de ciências

As implicações para a alfabetização científica e o ensino de ciências iniciam-se no décimo terceiro parágrafo: “Este experimento de Foucault iria cumprir um papel importante junto ao público em geral [...]” e termina com o questionamento proposto para os alunos no último parágrafo do estudo de caso: “O movimento do pêndulo proposto por Foucault aqui no Brasil e em Paris e exatamente igual? Por quê?”

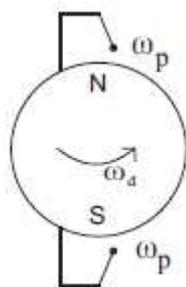


Fig. 5 – Terra girando em relação ao espaço absoluto. Fonte: ASSIS (2013, p. 149)

Segundo Sasseron *et al.* (2013) a natureza da ciência é um dos eixos estruturantes para a alfabetização científica. Forato *et al.* (2011) explica que o aluno deve reconhecer a importância das observações, das hipóteses e das evidências experimentais na ciência, porém, deve-se evitar perpetuar a concepção visão empírico-indutivista¹⁰.

Nesse sentido, o experimento do pêndulo de Foucault ajuda o estudante a reconhecer a importância dos experimentos na ciência.

O experimento do pêndulo de Foucault permite que o aluno entenda a ciência como um empreendimento coletivo porque *a partir da divulgação dos resultados desse experimento, cientistas de várias nacionalidades passaram a reproduzi-lo*, reforçando assim “o papel do trabalho coletivo e cooperativo, dos intercâmbios entre equipes” (GIL PEREZ *et al.*, 2001).

¹⁰ A visão empírico-indutivista é considerada uma visão equivocada da natureza da ciência, considera que os dados emergem naturalmente da experiência e que a teoria surge destes dados por indução. Foi originalmente proposto por Francis Bacon no século XVII.

Evidentemente que a questão do trabalho coletivo não se reduz apenas a “reproduzir o experimento”.

Ludwig Fleck (1896-1961) explica que a ciência é um empreendimento coletivo, porém o trabalho em equipe não acontece simplesmente pela sobreposição das contribuições individuais:

O trabalho em equipe pode apresentar duas formas: pode ser simplesmente aditivo, como, por exemplo, o levantar em comum um peso, ou pode ser um trabalho coletivo propriamente dito que consiste em criar, mediante o esforço conjunto, uma estrutura especial que não é igual à soma dos trabalhos individuais e é comparável a uma partida de futebol, a uma conversa ou o atuar de uma orquestra. Como poderia considerar-se a atuação de uma orquestra, passando por alto o significado e as regras de cooperação, como a mera soma do trabalho dos instrumentos individuais? (FLECK, 1986, p. 145)

Fleck, então, caracteriza os tipos de trabalho em equipe. Mas como acontece o processo de coletivização da ciência?

Reis (2014) comenta que a “coletivização não é somente ciência feita de forma coletiva, mas uma impossibilidade de se fazer ciência de forma individual” (REIS, 2014, p. 224). A autora mostra que principalmente a partir da segunda metade do século XX a ciência ganhou um *ethos* mais gerencial do que acadêmico devido à dependência da ciência com as atividades industriais.

Sobre a evolução dos conhecimentos dos estudantes, orientamos que ela pode ser mensurada através das três questões propostas do estudo de caso histórico sobre o experimento de Foucault. Seguindo os passos de resolução do estudo de caso histórico descrito em Linhares e Reis (2008) os estudantes podem expor suas concepções prévias respondendo as três questões do estudo de caso histórico. Em seguida, num segundo passo eles podem ser encaminhados para leituras, discussões, vídeos ou outras atividades que o professor desejar. Na terceira etapa, o aluno responderá novamente as questões iniciais, o que dará um parâmetro para o professor analisar as respostas do aluno. Assim o aluno será avaliado através do modelo investigativo no qual se almeja detectar a evolução dos seus conhecimentos. O modelo investigativo permite também que o professor reflita sobre sua *práxis* docente, buscando analisar o processo de ensino de forma sistemática e possibilitando assim reformulações na sua intervenção didática (PORLÁN; RIVERO, 1998, p. 56-57).

IV.2 Análise do vídeo da apresentação do estudo de caso da professora MR

Nesta seção, apresentamos a análise de um recorte de gravação de vídeo que registrou a sequência didática utilizada pela professora MR para explicar o experimento de Foucault. Alertamos que a sequência didática apresentada pela professora envolve uma série de conteúdos que podem ser trabalhados no 1º ano do ensino médio tais como: queda livre, formação de imagens por lunetas, etc. Apresentamos aqui a análise dos excertos do vídeo que

registraram a sequência didática que envolve apenas os conteúdos diretamente relacionados o experimento de Foucault. Algumas informações foram obtidas também do planejamento da aula da professora entregue pelo ambiente virtual.

O vídeo foi gravado no segundo encontro presencial do curso de história da ciência no ensino de física, que aconteceu no dia 04/10/2014.

A ATD aplicada nos trechos da transcrição do vídeo nos permitiu diagnosticar o aparecimento de unidades empíricas relacionadas ao procedimento para explicar o experimento de Foucault. Essas unidades empíricas deram origem a uma categoria emergente denominada: “uma sequência didática para explicar o movimento do pêndulo de Foucault nos hemisférios norte e sul”. A partir dessa categoria construímos um metatexto. As falas da professora no metatexto, que correspondem às unidades empíricas, estão em *itálico*.

Metatexto – Uma sequência didática elaborada por uma professora do Ensino Médio para explicar a o movimento do pêndulo de Foucault nos hemisférios norte e sul

Segundo o planejamento elaborado pela professora MR, o público alvo para se aplicar a sequência didática do pêndulo de Foucault são alunos do 1º ano do Ensino Médio. As atividades envolvendo esse experimento estão programadas para as duas primeiras aulas. Nas outras três aulas a professora pretende explicar outros assuntos de astronomia que foge do escopo desse trabalho.

Na primeira aula, antes de começar a leitura do estudo de caso histórico, a professora MR relata no vídeo, que começaria desafiando o seu estudante para provar que a Terra gira:

Eu peço que eles provem para mim, sem usar fotos, vídeos, nada disso com o que tinha lá no século XVI e XVII que a Terra gira, provar pra mim que a Terra gira. Deixo a vontade, só não pode foto, nem vídeo, que isso não existia nessa época então prova que a Terra Gira, até hoje nenhum aluno conseguiu (MR- transcrição do vídeo).

A fala da professora nos revela o desejo dela de evitar a propagação de uma visão anacrônica da ciência, ou seja, ela quer evitar que os alunos entendam os fenômenos antigos a partir de conceitos atuais (FORATO, 2009). Assim ela sugere aos seus alunos uma explicação sobre o movimento de rotação da Terra, à luz dos conhecimentos que se tinha na época.

Após desafiar os alunos a provar que a Terra gira, a professora mostraria um vídeo sobre o pêndulo de Foucault montado no Panteão em Paris (localizado no hemisfério Norte):

Mostraria um videozinho sobre o pêndulo de Foucault, tem até o endereço aí direitinho. Mostraria o pêndulo de Foucault, tem uma historiazinha sobre o pêndulo até ele mostrando o que tem lá em Paris tá? (MR- transcrição do vídeo).

Ainda na primeira aula, a professora propõe uma atividade síncrona com um professor de física na Suécia (seu afilhado):

Uma das propostas é que na mesma aula, ele por Skype mostra o pêndulo no museu em Estocolmo que fica a uns três ou quatro quarteirões da escola onde ele trabalha. Aí ele mostra o de lá e aí vai ver o daqui, na Argentina (MR- transcrição do vídeo).

A professora MR apresentaria aos seus alunos um vídeo que mostra o movimento do pêndulo de Foucault na Argentina para comparar com o movimento de um mesmo pêndulo localizado no museu em Estocolmo, na Suécia.

Na Argentina agente tem (o vídeo do pêndulo de Foucault), aí ele mostra porque você vê nitidamente eles girando no sentido anti-horário e horário [...] ele se propôs a ir lá (no museu da Suécia) é só marcar a hora ele falou que leva até os alunos dele e ele faz a mesma coisa que eu estiver fazendo aqui (no Brasil), ele faz (MR – transcrição do vídeo).

Assim como o Brasil, a Argentina situa-se no hemisfério sul e, portanto, um pêndulo de Foucault oscila nesses dois países, no mesmo sentido.

Os cálculos da velocidade angular e do período de oscilação do pêndulo de Foucault podem ser extraídos através da teoria de Coriolis, explicação contemporânea para o movimento do pêndulo de Foucault. Para este trabalho, porém, não se justifica uma comparação entre os diferentes deslocamentos angulares para diferentes latitudes¹¹, pois se entende que essa discussão não pertence ao objeto de análise, a sequência didática proposta pela professora MR.

De acordo com o planejamento de aula apresentado pela professora MR no ambiente virtual, a leitura do estudo de caso que envolve o episódio histórico sobre o experimento de Foucault no Brasil seria realizada na 2ª aula com seus alunos do 1º ano do Ensino Médio.

Ainda de acordo com esse planejamento, os alunos da professora MR fariam uma leitura individual do estudo de caso histórico, para suscitar um debate sobre a importância do experimento feito no Brasil. Segundo Santos-Neto (2007), conhecer os experimentos realizados no Brasil permite uma maior valorização no que diz respeito à importância do país na produção e desenvolvimento do conhecimento científico universal, como uma ampla rede social.

V. Considerações finais

Por ser uma pesquisa voltada à inclusão da história da ciência nas práticas didáticas do ensino médio, tem o mérito de sugerir e motivar o estudo de casos históricos da ciência no Brasil, colocando assim, os professores em contato com experimentos e contextos nacionais ao invés de focar apenas a ciência europeia e/ou norte-americana.

¹¹ Os cálculos dos deslocamentos angulares para diferentes latitudes podem ser encontrados em Assis (2013, p.150).

As atividades propostas aos professores na aula 8 ficaram disponíveis no ambiente virtual entre os dias 15 de setembro de 2014 a 04 de outubro de 2014. Este período foi necessário para que os professores lessem outros trabalhos sobre o ensino de episódios da história da ciência no Brasil (ver, por exemplo, Hygino *et al.*, 2012 e Hygino *et al.*, 2013) e, assim, adquirir conhecimentos para montar seus estudos de caso históricos e desenvolver suas sequências didáticas.

O estudo de caso histórico apresentado pela professora MR estava alinhado com as orientações descritas em Stinner *et al.* (2003) porém, no “contexto histórico” que antecedeu o experimento de Foucault, a professora não menciona o astrônomo e matemático Nicolau Copérnico (1473-1543) que desenvolveu a teoria heliocêntrica.

Nossa análise sobre o estudo de caso histórico da professora MR contribui para a produção de três metatextos que pode ser usado pelo professor para explicar aspectos contrários da natureza da ciência como, por exemplo, os debates provenientes entre as teorias geocêntrica e heliocêntrica. Para Sasseron (2013) o entendimento da natureza da ciência constitui um dos pilares da alfabetização científica e, para Martins (2006), o estudo da natureza da ciência auxilia a compreensão do processo de desenvolvimento do conhecimento científico como um processo que ocorre de forma lenta e gradativa, com erros, dúvidas, discussão e debates essenciais para a edificação de teorias e leis.

A professora MR aprendeu a montar um estudo de caso histórico. Acreditamos que o seu aprendizado seja reflexo da sua participação na pesquisa sobre a formação continuada em história da ciência no ensino de física. Dessa forma verificamos que a professora MR incorporou subsídios teóricos – metodológicos relacionados ao estudo de caso histórico.

A sequência didática elaborada pela professora MR contribui para o aluno não desenvolver a visão anacrônica da ciência, isto é, conforme Forato (2009), analisar o passado com as lentes do presente. Ao sugerir aos alunos para explicar o movimento da Terra à luz dos conhecimentos do século XVIII, a professora está querendo evitar tal concepção anacrônica.

Nossa análise sobre a sequência didática possibilitou produzir um metatexto que pode auxiliar o professor a elaborar outras, com outros públicos, em outros contextos.

Esperamos que a professora aplique com seus alunos a sequência didática do estudo de caso histórico sobre o experimento do pêndulo de Foucault no Brasil, porque somente a participação da professora no curso de formação continuada e a realização das tarefas propostas pelo mediador, podem não ser suficientes para promover a mudança da qualidade das aulas de física. É preciso ir a campo, trabalhar de forma empírica e analisar as vantagens e os principais obstáculos encontrados na aplicação do estudo de caso histórico com os alunos do ensino médio.

Sabemos que a estratégia do estudo de caso histórico não é suficiente para melhorar totalmente os problemas que circunscrevem o ensino de física (baixa carga horária, conflitos com os pedagogos, falta de material adequado de história da ciência, para citar alguns). Toda-

via, a estratégia do estudo de caso histórico contribui para um processo de ensino de física dinâmico e investigativo. A mudança no ensino de física inicia-se com as pessoas, e, se “o professor tem arraigada convicção para a mudança, ela acontece, lenta e com pequenas atitudes que, inevitavelmente, se irradiam para o macrosistema” (MASSONI; MOREIRA, 2014).

Referências bibliográficas

ALLCHIN, D. Values in Science: An Educational Perspective. **Science & Education**, v. 8, n. 1, p. 1-12, 1999.

ASSIS, A. K. **Mecânica relacional e implementação do princípio de Mach com a força de Weber gravitacional**. Apeiron Montreal, 2013. 478p. Disponível em: <<http://www.ifi.unicamp.br/~assis/Mecanica-Relacional-Mach-Weber.pdf>>. Acesso em: 05 jan. 2015.

BOGDAN, R. C.; BIKLEN. **Investigação Qualitativa em educação**. Porto: Porto Editora, 1994. 167p.

BORGES, R. M. **Em debate: Cientificidade e Educação em Ciências**. Porto Alegre: SE/CECIRS, 1996. 75p.

BORGES, O. Formação inicial de professores de Física: Formar mais! Formar melhor! **Revista Brasileira de ensino de Física**, v. 28, n. 2, p. 135-142, 2006.

BRASIL. **Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação de Professores da Educação Básica**. (Parecer CNE/CP 9/2001). Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/cne/arquivos/pdf/009.pdf>>. Acesso em: 02 set. 2013.

BRASIL. Diretrizes Curriculares Nacionais para a Formação Inicial e Continuada dos Profissionais do Magistério da Educação Básica (Parecer CNE/ CP 2/2015). Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/index.php?option=com_docman&view=download&alias=17625-parecer-cne-cp-2-2015-aprovado-9-junho-2015&category_slug=junho-2015-pdf&Itemid=30192>. Acesso em: 29 out. 2015.

CARNEIRO, D. V.; JÚNIOR, J. M.; NUNES, V. B.; NOBRE, I. A.; BALDO, Y. P. Uma proposta de planejamento para criação de salas no ambiente virtual de aprendizagem (AVA) - Moodle: mapa de atividades adaptado. Disponível em: <<http://www.abed.org.br/congresso2010/cd/252010145524.pdf>>. Acesso em: 22 jun. 2014.

DEWITT, R. **Worldviews. An Introduction to the History and Philosophy of Science**. United Kingdom: Blackwell Publishing Ltda., 2004. 326p.

DUARTE, M. A História da Ciência na prática de professores Portugueses: Implicação para a formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 317-331, 2004.

DRIVER, R. *et al.* Constructing Scientific Knowledge in the classroom. **Educational Researcher**, v. 23, n. 7, p.5-12, 1994.

ESPÍRITO SANTO. **Lei Complementar Estadual Nº 637, de 27 de agosto de 2012.** Institui a Política de Gestão de Pessoas dos Servidores Públicos do poder executivo do Estado do Espírito Santo. Diário Oficial do Espírito Santo, Vitória, ES, 28 ago. 2012.

FAZIO, C. In-service and pre-service Physics teacher education and Pedagogical Content Knowledge construction. **Quaderni di Ricerca in Didattica (Science)**, n. 1, 2010.

FERRARI, P. C. **Temas contemporâneos na formação docente à distância.** 2008. 129f. Tese (Doutorado em Educação Científica e Tecnológica) - Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica, UFSC, Florianópolis.

FERREIRA, J. M.; MARTINS, A. M. **A História e a Filosofia da Ciência no ensino de ciências,** 2008a. Disponível em: <http://www.4shared.com/office/8O-oiEVyce/hfc_a02_no_ensino_de_ciencias.html?>. Acesso em: 12 jul. 2014.

_____. Tópicos de História da Mecânica 2, 2008b. Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAg6GsAJ/hfc-a04-topicos-historia-mecanica-2>>. Acesso em: 31 out. 2015.

FLECK, L. **La gênesis y el desarrollo de un hecho científico.** Madrid: Alianza Editorial, 1986. 98 p.

FORATO, T. C. M. **A natureza da ciência como saber escolar: um estudo de caso a partir da natureza da luz.** 2009.420 f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, USP, São Paulo.

_____.; PIETROCOLA, M; MARTINS, R. A. Historiografia e natureza da ciência na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

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

GÜNTHER, H. Pesquisa Qualitativa *versus* Pesquisa Quantitativa: Esta é a Questão? **Psicologia: Teoria e Pesquisa**, v. 22, n. 2, p. 201-210, 2006.

HERREID, C. F. Case studies in science – a novel method of science education. **Journal of College Science Teaching**, v. 23, n. 4, p. 221-229, 1994.

HYGINO C. B, SOUZA, N. S; LINHARES, M. P. Episódios da História da Ciência e aulas de Física com alunos jovens e adultos: uma proposta didática articulada ao método de estudo de caso. **Revista Eletrônica de Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 1, p. 1-23, 2013.

_____. Reflexões sobre a natureza da Ciência em aulas de Física: Estudo de um episódio histórico do Brasil Colonial. **Experiências em ensino de Ciências**, v. 7, n. 2, p. 14-24, 2012.

JAUHIAINEN, J. *et al.* Experiences from long-term in-service training for physics teachers in Finland. **Physics Education**, v. 37, n. 2, 2002.

JUNIOR, O. F.; BASSALO, J. M. Notas de História da Física no Brasil- John Archibald Wheeler e a Física Brasileira. **Física na Escola**, v. 9, n. 1, 2008.

LDB. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, 1996. Disponível em: <<http://portal.mec.gov.br/arquivos/pdf/ldb.pdf>>. Acesso em: 28 ago. 2013.

LINHARES, M. P; REIS, E. M. Estudos de caso como estratégia de ensino na formação de professores de física. **Ciência & Educação**, v.14, n.3, p.55-74, 2008.

MASSONI, N.T.; MOREIRA, M.A. Uma análise cruzada de três estudos de caso com professores de Física: a influência de concepções sobre a natureza da ciência nas práticas didáticas. **Ciência & Educação**, v. 20, n. 3, p. 595-616, 2014.

MARTINS, R. A História e seus usos na Educação. In: SILVA, C.C (org). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para Aplicação no Ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006. Introdução. p.17-30.

MATTEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, 1995.

MCCOMAS, W. Uma proposta de classificação para os tipos de aplicação da História da Ciência na formação científica: implicações para a pesquisa e desenvolvimento. In: SILVA, C. C.; PRESTES, M. E. (Orgs). **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas**. 1. ed. São Carlos: Tipografia Editora, 2013. cap. 4, p. 425-448.

MENEZES, L. C., KAWAMURA, R. D.; HOSOUME, Y. Objetos e objetivos no aprendizado da Física. In: ENCONTRO DE PESQUISADORES EM ENSINO DE FÍSICA, 4, 1994, Florianópolis. **Atas...** Florianópolis: UFSC, 1994, p.16-17.

MORAES, R.; GALIAZZI, M. C. **Análise textual discursiva**. Ijuí: Unijuí, 2011. 224p.

MOREIRA, I. C. Notas da história da física no Brasil. A Terra gira! 1851: A primeira experiência com o pêndulo de Foucault no Brasil. **Física na Escola**, v. 2, n. 1, 2001.

_____. Notas da História da Física no Brasil. Henrique Morize, os raios-X e os raios catódicos. **Física na Escola**, v. 4, n. 1, 2003.

MOREIRA, M. A. Pesquisa em Educação em Ciências: métodos qualitativos, Programa Internacional de Doctorado em Enseñanza de las ciencias. In: Texto de apoio 14, 4, 2002, Burgos, **Atas...** Burgos: Del Pidec, 2002. p. 25-55.

MOURA, B. A. **A aceitação da óptica newtoniana no século XVIII**: subsídios para discutir a natureza da ciência no ensino. 2008. 214f. Dissertação (Mestrado) - Instituto da Universidade de São Paulo, Instituto de Física de São Carlos, Departamento de Física e Informática, USP, São Paulo.

NARASIMHAN, M. G. Controversy in science. **Journal of Biosciences**, v. 26, n. 3, p. 299-304, 2001.

NASCIMENTO, T.; MARTINS, I. O texto de genética no livro didático de ciências: uma análise retórica crítica. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 10, n. 2, p. 255-278, 2005.

PIMENTEL, J. R.; YAMAMURA, P. Notas de História da Física no Brasil – Minas Gerais e a História do Ferromagnetismo. **Física na Escola**, v. 7, n. 1, 2006.

PEDUZZI, L. O. **Evolução dos Conceitos da Física**. Florianópolis: UFSC/EAD/CED/CFM, 2011. 129 p.

PNE – **Programa Nacional de Educação**, 2014. Disponível em: <<http://www.observatoriodopne.org.br/metas-pne/15-formacao-professores/estrategias/15-4-plataforma-eletronica>>. Acesso em: 20. abr. 2015.

PORLÁN, R.; RIVERO, A. **El conocimiento de los profesores**. Servilha: Díada, 1998. 213p.

REZENDE, F. *et al.* Interage: um ambiente virtual construtivista para formação continuada de professores de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 20, n. 3, 2003.

REIS, V. Jonh Ziman – Físico e epistemólogo em uma “ciência pós-acadêmica”. In: HAYSAHI, M. C; RIGOLIN, C. C; KERBAUY, M. T. (Orgs). **Sociologia da Ciência: Contribuições ao Campo CTS**. Campinas: Editora Alínea, 2014. cap.9. p.211-238.

PONCSEK, R. L. Da Bíblia a Newton: uma visão humanística da Mecânica. In: ROCHA, J. F (Org). **Origens e Evolução das ideias da Física**. Salvador: EDUFBA, 2011. cap. 1. p. 21-135.

SANTOS NETO, E. R. **Física no Brasil para o ensino médio: uma abordagem para compreensão da ciência e da atividade científica**. 2002. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências) - Faculdade de Educação, USP, São Paulo.

SASSERRON, L.; BRICCIA, V.; CARVALHO, A. Aspectos da natureza da ciência em sala de aula: exemplos do uso de textos científicos em prol do processo de alfabetização científica dos estudantes In: SILVA, C. C.; PRESTES, M. E. (Orgs.). **Aprendendo ciência e sobre sua natureza**: abordagens históricas e filosóficas. 1. ed. São Carlos: Tipografia Editora, 2013. cap. 3. p. 265-276.

SAUERWEIN, I. P; DELIZOICOV, D. Formação continuada de professores de Física do Ensino Médio: concepções de formadores. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 25, n. 3, p. 439-477, 2008.

SEDU. Secretaria da Educação do Espírito Santo - **Diretrizes para a formação continuada dos profissionais da educação do Espírito Santo, 2014**. Disponível em: <<http://www.educacao.es.gov.br/download/DiretrizesFormacaoContinuadadosProfissionaisdaEducacaodoEspiritoSanto.pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2015.

SEQUEIRA, M.; LEITE, L. A História da Ciência no ensino-aprendizagem das Ciências. **Revista Portuguesa de Educação**, v. 30, n. 2, p. 29-40, 1988.

STINNER, A. *et al.* The Renewal of Case Studies in Science Education. **Science & Education**, v. 12, n. 12, p. 617-643, 2003.

STUDART, N.; COSTA, R. C.; MOREIRA, I. C. Notas da História da Física no Brasil – Theodoro Ramos e os primórdios da Física no Brasil. **Física na Escola**, v. 5, n. 2, 2004.

SYMON, K. R. **Mecânica**. Rio de Janeiro: Campus, 1996. 341p.

ZABALA, A. **A prática educativa**: como ensinar. Porto Alegre: Artmed, 1998. 224p.

ZANETIC, J. **Física também é cultura**. 1989. Tese (Doutorado) - Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo