

O estudo da espectroscopia no ensino médio através de uma abordagem histórico-filosófica: possibilidade de interseção entre as disciplinas de Química e Física⁺*

Hebert Roberto Araujo Silva¹

Colégio Brigadeiro Newton Braga

Andreia Guerra Moraes²

Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca

Rio de Janeiro – RJ

Resumo

O presente artigo visa discutir a introdução de Física Moderna no Ensino Médio, através de uma abordagem histórico-filosófica. Essa opção deve-se ao fato desta abordagem possibilitar levar aos estudantes a relação que há entre os contextos políticos, sociais, artísticos, científicos, criando uma interlocução entre as disciplinas, geralmente apresentadas de forma estanque ao aluno. Com vistas a aprofundar essa questão, o presente artigo apresenta um estudo que teve o propósito de construir subsídios para responder a seguinte questão: que elementos do tema espectroscopia desenvolvidos em aulas de Física, numa abordagem histórico-filosófica, podem complementar o estudo de modelo atômico realizado nas aulas de Química do Ensino Médio? Para tal, foi desenvolvida uma sequência didática na terceira série do Ensino Médio de uma escola da rede federal de ensino. Para analisar os dados coletados por meio de gravação de áudio e vídeo das aulas, optou-se pela pesquisa qualitativa. Tal análise aponta que o estudo do tema espectroscopia, nas aulas de Física, é capaz de suscitar questões importantes ao estudo do modelo atômico desenvolvido nas aulas de Química.

⁺ Spectroscopy teaching in a historical-philosophical approach: the possibility of dialogue between the teaching of Physics and Chemistry

* *Recebido: outubro de 2014.
Aceito: março de 2015.*

¹ E-mail: hebertroberto@gmail.com

² Apoio: CNPq.
E-mail: andrea.guerra96@gmail.com

Palavras-chave: *História da Ciência; Espectroscopia; Ensino de Física Moderna.*

Abstract

This study discusses the introduction of Modern Physics in High School considering a historical-philosophical approach. The historical-philosophical approach allows the teachers to discuss the political and socio-cultural context of science and show that the subjects studied at school are linked. Considering these aspects, the survey aims to answer the question: what are the issues from the spectroscopy teaching in a historical-philosophical approach that could complement the study of atomic model taught in Chemistry classes? In order to perform this survey, a didactic sequence for High School students was developed. Qualitative methodology was used to analyze the data collected. The analyses show that the spectroscopy teaching in Physics classes could raise important questions to the study of atomic model developed in chemistry classes.

Keywords: *History of Science; Spectroscopy; Teaching of Modern Physics.*

I. Introdução

Há tempos pesquisadores de âmbito internacional e nacional se debruçam sobre a temática da inserção de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio (OSTERMANN; MOREIRA, 2000). Em 1969, ocorreu uma Conferência Internacional sobre ensino de Física em Copenhague em que Eric Rogers³ fez um apelo: “será que nós vamos ficar tão para trás no ensino de Física – por meio século ou mesmo por um século, ainda no ano 2000? (MEDEIROS, 2007, p. 42)”. Zanetic, vinte anos depois, fez uma afirmação nessa mesma perspectiva: “é fundamental que ensinemos a Física do século XX antes que ele acabe” (ZANETIC, 1989 apud TERRAZAN, 1992, p. 211).

As falas de Rogers e Zanetic vão ao encontro dos resultados da pesquisa em ensino de Física (OSTERMANN; MOREIRA, 2000; GRECA; MOREIRA, 2001; PEREIRA; OSTERMANN, 2009; SILVA; ALMEIDA, 2011; JARDIM; GUERRA; CHRISPINO, 2011) que

¹ “Eric Rogers (1902-1990) foi um dos melhores professores de física do século XX, autor de um livro-texto ainda hoje inigualável intitulado *Physics for the Inquiring Mind*. [...] Foi de colega de Einstein, dedicou-se com um brilhantismo incomum ao ensino de física” (MEDEIROS, 2007, p. 42).

apontam para a importância de mudanças no currículo de Física no EM de forma a incorporar temas de FMC.

A pesquisa em ensino de física não se restringiu à defesa da introdução de FMC na educação básica. Uma revisão da literatura mostra a existência de diferentes trabalhos com propostas concretas de inserção de FMC na educação básica e outros que discutem os desafios e obstáculos em torno à introdução dessa temática no ensino (CARUSO; FREITAS, 2009; GUERRA; REIS; BRAGA, 2010; SILVA; ALMEIDA, 2011; JARDIM; GUERRA; CRISPINO, 2011; CARDOSO; DICKMAN, 2012; De PEREIRA, 2012, RANGEL; RIBEIRO, 2012; SILVA; ASSIS, 2012; Da SILVA, 2012; CAVALCANTE; RODRIGUES; BUENO, 2013; MORAIS; GUERRA, 2013; MEDEIROS, 2007; MONTEIRO; NARDI; FILHO, 2009).

Dentre as propostas concretas de inserção de FMC no Ensino Médio (EM) encontram-se aquelas que buscam promover a relação da Física com outras áreas do conhecimento. Os trabalhos desenvolvidos nessa perspectiva mostram que tal abordagem possibilita levar aos estudantes a relação que há entre os diferentes contextos políticos, sociais, artísticos, científicos, criando uma interlocução entre as disciplinas, geralmente, apresentadas de forma estanque ao aluno (MARTINS, 2001;2006; GUERRA; REIS; BRAGA, 2002; QUINTAL; GUERRA, 2009; SILVA; GUERRA, 2013).

Essas considerações levaram-nos a construir uma sequência didática (SD) de forma a trabalhar temas de FMC em aulas de Física, relacionando as discussões travadas em sala de aula com outras áreas de conhecimento.

Na escola em que o trabalho foi desenvolvido, o currículo de Física não previa temas de FMC e, na disciplina de Química, os alunos estudavam modelo atômico com enfoque em distribuição eletrônica, números quânticos, spin e salto quântico. Essa peculiaridade trouxe a necessidade de uma negociação com a direção da escola, mesmo antes da elaboração da SD. A direção da escola e a coordenação da área de ciências apontaram que qualquer alteração curricular não poderia comprometer os conteúdos previstos e a preparação para os exames de vestibular.

As negociações nos levaram a buscar um tema que permitisse um diálogo mais explícito com outra disciplina de ciências. Nessa perspectiva, o tema selecionado foi espectroscopia. Essa escolha se deu devido à possibilidade de relacioná-lo, diretamente com o estudo do modelo atômico desenvolvido nas aulas de Química. Com vistas ainda a ampliar o diálogo com outras disciplinas, seguimos os trabalhos de pesquisa que indicam ser a abordagem histórico-filosófica um caminho para abordar temas de FMC no ensino (MARTINS, 2001; 2006; MATTHEWS, 1995; GIL-PÉREZ, 1993; GUERRA; REIS; BRAGA, 2002; GURIDI; ARRILASSECQ, 2004; ALMEIDA, 2004; SILVEIRA; PEDUZZI, 2006; QUINTAL; GUERRA, 2009; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; MONTEIRO; NARDI, 2007, MORAIS; GUERRA, 2013).

Dessa forma, desenvolvemos um estudo com o propósito de construir subsídios para responder a seguinte questão: que elementos do tema espectroscopia desenvolvidos em aulas

de Física, numa abordagem histórico-filosófica, podem complementar o estudo de modelo atômico realizado nas aulas de Química do Ensino Médio?

II. A abordagem histórico-filosófica

Quando escolhemos a abordagem histórico-filosófica, foi preciso considerar resultados da pesquisa que apontam que o ensino de temas científicos a partir de uma abordagem histórico-filosófica permite discussões importantes à compreensão do papel da ciência na sociedade atual (MARTINS, 1990; 1998; 2000; 2001; 2006; MATTHEWS, 1995, GIL-PÉREZ, 1993; GUERRA; REIS; BRAGA, 2002; GURIDI; ARRIASSECQ, 2004; ALMEIDA, 2004; MARTINS, 2005; SILVEIRA; PEDUZZI, 2006; MARTINS, 2007; PENA, 2007; PENA; FILHO, 2009; QUINTAL; GUERRA, 2009; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; TEIXEIRA; FREIRE Jr., 2007; MONTEIRO, NARDI, 2007; SILVA; GUERRA, 2013). Porém essas pesquisas, também, apontam os obstáculos que existem para se trabalhar com esse tipo de abordagem (MARTINS, 2006; MARTINS, 2007; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011). Dentre os obstáculos apontados destacam-se, para o trabalho aqui discutido, a falta de material didático e o tempo didático.

No caso do tema abordado, o livro *Física em Contextos* de PIETROCOLA *et al.*, (2010) trata do tema espectroscopia, numa abordagem histórico-filosófica. Porém esse não era o livro adotado na escola em que o projeto foi desenvolvido, por isso não recorremos a esse texto e nem mesmo avaliamos a adequação do mesmo à proposta implementada. Assim, optamos pela construção de um texto de apoio didático (SILVA, 2013). Porém, como a abordagem era histórico-filosófica, foi necessário considerar as recomendações de Forato e colaboradores (2011) para a construção do material didático. Os autores indicam que na construção desse material: “o tema histórico deve favorecer os objetivos epistemológicos pretendidos, deve estar adequado ao ambiente educacional em questão, e deve contemplar aspectos viáveis para as possibilidades de o professor poder tratar o tema adequadamente” (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011, p. 44). Essas ponderações levaram-nos a basear o processo de criação do material didático em fontes primárias e fontes secundárias de historiadores reconhecidos pela comunidade de História da Ciência⁴, de modo que a introduzir o estudo da espectroscopia, discutindo as controvérsias em torno à constituição da matéria em início do século XX. E, assim, destacar o contexto sociocultural de produção desse conhecimento, de modo a que pudesse ser ressaltada a ciência como construção humana de homens e mulheres inseridos num tempo e espaço definidos. Fora isso, o texto foi escrito considerando os dilemas

⁴ BRAGA; GUERRA; REIS, 2005;2008; GUERRA *et al.*, 1998; GUERRA; REIS; BRAGA, 2002;2010; GUERRA; BRAGA; REIS, 2004;2005; MARTINS, 2006; FILGUEIRAS, 1996;2011; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; MONTEIRO; NARDI, 2007; PAULA, 1999; MOREIRA; OSTERMANN, 1993; ANDRADE; ALVIM, 2009; KIRCHHOFF; BUNSEN, 1860; QUINTAL; GUERRA, 2009; PROENÇA, 1996; REIS; GUERRA; BRAGA, 2005;2006; ANDRADE; NASCIMENTO; GERMANO, 2007; ZANETIC, 2006; SEGRÈ, 1987; CHIBENI, 2011; SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2010; SILVEIRA; PEDUZZI, 2006; STACHEL, 2005.

da extensão *versus* profundidade, da simplificação *versus* omissão, da compreensibilidade *versus* rigor histórico e do objetivismo *versus* subjetivismo (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011).

Nesse sentido, com vistas a dar conta dos tópicos previamente planejados, o texto foi dividido em 11 capítulos, e apenas os dois primeiros capítulos foram construídos previamente à aplicação da SD. Os capítulos restantes foram desenvolvidos após a primeira aula, de forma a incorporar dados da avaliação dessa aula. Assim, os textos eram criados aula após aula, buscando estabelecer uma conexão estreita entre o material escrito da SD, destacando discussões para a aula seguinte, além de servir de suporte ao estudo dos alunos. Isto porque, no planejamento inicial, foi previsto que os alunos receberiam o texto previamente e leriam o mesmo antes da aula seguinte, de forma a possibilitar ao professor pautar as discussões em referências do texto supostamente lido pelos alunos.

III. Contexto e metodologia do estudo desenvolvido

Para responder à questão desse estudo, optou-se pela metodologia qualitativa (BOGDAN; BIKLEN, 1994). Essa opção deve-se pelo recorte e, também, pela complexidade do objeto de estudo.

A complexidade do estudo reside na dificuldade de mensurar dados comportamentais, que dizem respeito a atitudes dos alunos quanto à nova proposta de inserção de um tema que não fazia parte do currículo, através da abordagem histórico-filosófica. Por exemplo, devido ao pioneirismo da proposta naquele ambiente escolar, não existiam parâmetros comparativos sobre a viabilidade da proposta, ao mesmo tempo em que não pautamos a viabilidade da mesma exclusivamente em avaliações formais.

Nessa esteira, para colher dados para a pesquisa, toda aula era gravada em áudio e vídeo e, em seguida, analisada pelo grupo de pesquisa antes da próxima aula. O professor, também, construiu um diário de anotações com as suas impressões das aulas e atividades desenvolvidas. A conjugação da análise dos dados do material de áudio e vídeo com a análise dos registros do diário do professor permitiu a construção de subsídios que geraram respostas à questão da pesquisa.

O professor que aplicou o projeto era membro ativo do grupo de pesquisa que desenvolveu o estudo aqui apresentado. O grupo se reunia semanalmente tanto para elaborar e discutir a SD, como para encaminhar os processos de coleta e análise de dados.

A proposta foi desenvolvida em uma turma de vinte e cinco alunos do 3º ano do EM de uma escola da rede federal de ensino, que oferece Ensino Fundamental nos dois segmentos, Ensino Médio (EM) e um curso Técnico de Enfermagem.

Além disso, a escola possui um convênio com o Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca (CEFET-RJ) localizado na cidade do Rio de Janeiro. Os alunos integrantes desse convênio cursam as disciplinas do EM na escola e as disciplinas do

técnico no contra turno. Dos vinte e cinco alunos da turma, três faziam o curso técnico de Enfermagem, quatro faziam cursos técnicos no CEFET-RJ e os outros dezoito apenas o EM.

A carga horária da disciplina de Física era de três tempos semanais, cada um de 45 minutos, divididos em dois encontros, sendo, portanto, um de 45 minutos e outro de 90 minutos. Na escola em que o projeto foi desenvolvido, o ano letivo é dividido por bimestres com, no mínimo, duas avaliações obrigatórias.

O curso de espectroscopia foi aplicado durante todo o 3º bimestre (meses de agosto e setembro de 2012), assim, foram planejadas onze aulas, mais duas aulas para as avaliações obrigatórias. Como destacado anteriormente, o desenvolvimento da pesquisa implicou em diferentes negociações: com a Direção Pedagógica, que estabeleceu o cumprimento integral do currículo previsto; com o outro professor de Física da série, que ao ser consultado para um trabalho em conjunto declarou: “*Física não é história*” e por fim com o corpo discente, o qual estava dedicado à preparação de vestibulares. A negociação com os discentes foi muito importante. Isto porque os alunos dessa escola estavam habituados nas aulas de Física à apresentação de algoritmos matemáticos para solução de exercícios de vestibulares. Entretanto, a opção pela abordagem histórico-filosófica pressupõe um ensino dialógico, participativo (QUINTAL; GUERRA, 2009; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011), em que o professor deve provocar entre os alunos debates e discussões.

A negociação com os alunos teve início no primeiro dia de aula. Decorrente dessa negociação, o professor fez um planejamento anual em que no 1º bimestre (meses fevereiro, março e parte de abril de 2012) o estudo de eletricidade foi desenvolvido, também, sob uma abordagem histórico-filosófica (SILVA; GUERRA, 2013). Porém a partir da segunda metade do 2º bimestre (primeira quinzena de maio de 2012), o professor se dedicou a trabalhar com os alunos questões do vestibular da Universidade do Estado do Rio de Janeiro, cuja primeira prova ocorre ainda no primeiro semestre do ano letivo.

A turma na qual a proposta foi aplicada era composta por alunos extrovertidos e tímidos, assim como interessados e desinteressados. Esse perfil levou o professor a refletir sobre a influência da captação do áudio e da imagem das aulas na dinâmica natural daquela turma (CARVALHO; GONÇALVES, 2000) e, negociar com os alunos a gravação das aulas no bimestre de aplicação da SD de espectroscopia. O professor, então, explicou aos alunos a função da filmadora naquelas aulas e a posicionou em um local discreto e que não implicasse em mudanças de posição da filmadora durante a aula. (CARVALHO, 2006).

Com a gravação das aulas em áudio e vídeo, o professor e o grupo de pesquisa puderam ver e rever as aulas, refletindo, então, sobre alguns aspectos da dinâmica da sala de aula e produzindo a análise que subsidiou a construção de resposta ao problema desse estudo. Nas descrições das análises usaremos os códigos A, B, C etc. para identificar os discentes. (CARVALHO, 2006).

IV. Análise dos resultados

Para discutir os resultados obtidos com a coleta de dados, consideramos importante fazer uma análise aula a aula. Porém para complementar a discussão, apresentamos, antes da análise dos resultados obtidos de cada uma das aulas, um sumário dos temas discutidos e apresentados no texto didático, assim como, da estratégia usada na aula e a bibliografia que deu suporte à construção da aula e texto a ela relacionado.

Aula 1 – O contexto da Astronomia e da Física até o século XIX
Retomada de questões histórico-filosóficas referentes ao século XVII e XVIII, discutidas no 1º bimestre, com ênfase em Astronomia e Óptica.
Estratégias: Uso de <i>slides</i> com mais imagens que textos e do texto produzido pelo professor em conjunto com o grupo de pesquisa.
Bibliografia: BRAGA; GUERRA; REIS, 2005; GUERRA <i>et al.</i> , 1998; GUERRA; REIS; BRAGA, 2002; GUERRA; BRAGA; REIS, 2004; MARTINS, 2006.

Aula 2 – O contexto da Química até o século XIX
Discussão de alguns aspectos do desenvolvimento da Química nos séculos XVIII e XIX e destaque das inter-relações entre os contextos científicos da Astronomia, Física e Química.
Estratégias: Uso de <i>slides</i> com mais imagens do que textos e texto produzido pelo professor em conjunto com o grupo de pesquisa.
Bibliografia: FILGUEIRAS, 2011; MARTINS, 2006.

As aulas 1 e 2 foram planejadas para retomar a discussão do contexto sociocultural da Europa dos séculos XVII e XVIII trabalhado no 1º bimestre do ano letivo, destacando, no entanto, o desenvolvimento de temas relacionados à óptica, à observação dos corpos celestes e às reações químicas. Dessa forma, na aula 1 foi dada ênfase ao desenvolvimento técnico de lentes no século XVII e, também, discutido o uso do microscópio e da luneta naquele contexto.

O professor registrou em seu diário de aulas que a discussão sobre o contexto sociocultural do século XVII, em torno ao uso das lentes, deveria ter ocorrido de forma mais aprofundada. Essa problemática foi levada ao grupo de pesquisa, resultando numa revisão do planejamento inicial. Apesar de o tempo didático limitar o número de aulas disponíveis para o projeto, decidiu-se que, ao longo do processo, deveriam ser feitos recortes bem pontuais nas discussões históricas, de modo a permitir uma discussão mais aprofundada dos temas. Dessa forma, já na segunda aula, o professor ficou atento para esse fato, privilegiando na discussão do contexto sociocultural do século XVIII, somente dois pontos: o aperfeiçoamento de ins-

trumentos ópticos nos estudos de novos corpos celestes, como Urano e Netuno, e a utilização dos instrumentos ópticos em experimentos que envolviam a combustão de novas substâncias para identificação de elementos químicos (FILGUEIRAS, 2011).

Ao término dessas duas primeiras aulas, com o propósito de discutir a relação entre diferentes contextos científicos, o professor apresentou a seguinte questão aos alunos: “Pensando nessas três áreas de estudo, Astronomia, Física e Química, como é possível conhecer a composição química do Sol, das estrelas, dos planetas, se esses corpos encontram-se tão distantes de nós?”.

O professor solicitou aos alunos que trouxessem para a aula seguinte, respostas a essa pergunta. Em seguida o aluno L perguntou: “*É para responder pensando naquela época ou nos dias de hoje?*” O professor surpreendeu-se com o ponto de vista do aluno L, pois considerava que a ideia de relação entre diferentes áreas de estudo e os contextos de seu desenvolvimento ainda não estaria amadurecida naquele momento do curso. Assim, propôs ao aluno que respondesse pensando nos dois contextos ou num deles.

Aula 3 – As linhas escuras de Fraunhofer
Análise das investigações de Fraunhofer sobre as linhas escuras e a controvérsia Brewster e Miller acerca da origem das linhas escuras. Relação do surgimento da fotografia com o contexto de desenvolvimento da Astronomia, da Física e da Química.
Estratégias: Apresentação oral pelos alunos das respostas à questão da última aula. Uso de <i>slides</i> com mais imagens do que textos e texto produzido pelo professor em conjunto com o grupo de pesquisa.
Bibliografia: FILGUEIRAS, 1996; MONTEIRO; NARDI, 2007; PAULA, 1999; MOREIRA; OSTERMANN, 1993; MARTINS, 2006; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011.

No início da aula 03, os alunos apresentaram oralmente para toda a turma suas respostas à questão apresentada pelo professor. O professor destacou, em seu diário, que a participação da turma era superior à participação das aulas anteriores ao início da SD.

O professor usou esse momento para trazer à sala de aula discussões a respeito do processo de construção da ciência.

Assim, a partir das respostas do aluno L “... poderiam enviar sondas ou robôs para coleta de amostras e posterior comparação com elementos na Terra” e da aluna N “os cientistas realizam experiências, colhem os dados e testam com a teoria que conhecem”, o professor questionou se a ciência é construída com base em um método único e infalível.

Durante essa discussão, a aluna D afirmou: “As informações dos astros obtidas nas investigações sobre eles podem ser relacionadas, comparadas com as certas obtidas pelos

cientistas aqui na Terra”. Assim, o professor indagou: Nós vivemos em um mundo de certezas?

Os alunos A, C, G, I, L, Q, S, V e W responderam que a ciência não possui certeza, que ela não acabou. O aluno I argumentou sobre a impossibilidade da notícia do pouso de um robô em Marte⁵ há alguns anos atrás. Em seguida o aluno X apresentou sua resposta: “a composição dos astros é obtida através da observação de formas e cores”.

O professor não interferiu na discussão que surgiu entre os alunos durante as a apresentação das respostas à indagação do professor. Porém, as análises do áudio e do vídeo mostraram que para esses alunos a ciência não possui certeza, pois ela está ainda em processo de construção, mas que haverá um momento em que as dúvidas terão acabado, pois a mesma terá atingido seu ponto final. Essa avaliação foi considerada pelo professor e grupo de pesquisa nas outras discussões outras a respeito de NdC propostas ao longo da SD, de modo a privilegiar a inserção ao longo da SD de questões explícitas sobre o processo de construção da ciência.

O professor finalizou a discussão a partir da resposta do aluno X, tomando-a para destacar uma das questões apresentadas no texto referência para essa aula: as linhas escuras de Fraunhofer.

A discussão sobre as linhas escuras de Fraunhofer foi limitada. O professor verificou, pelas dúvidas apresentadas, que os alunos não haviam feito a leitura prévia do texto referente a essa aula.

Esse fato alterou o planejamento inicial da aula, pois foi preciso dispor de um tempo maior para discutir as investigações de Fraunhofer acerca das linhas escuras nos espectros do Sol, da Lua, dos planetas e das estrelas. O professor notou que havia entre os alunos questionamentos sobre o conhecimento da localização dos astros no céu, por exemplo, os alunos A e G questionaram como os cientistas sabiam que a luz era de uma estrela ou de um planeta. Já os alunos A e X queriam saber como era possível ter a certeza de que a luz era de determinado planeta. Para responder aos alunos, o professor se utilizou das questões discutidas durante as primeiras aulas referentes ao aperfeiçoamento de instrumentos ópticos nos estudos de novos corpos celestes, como Urano e Netuno.

Ainda com vistas a apresentar as investigações de Fraunhofer e considerando a não leitura prévia do texto por parte dos alunos, o professor colocou para debate o significado dos vocábulos contínuo e discreto, com vistas a trabalhar o que diferencia um espectro contínuo de um espectro discreto.

Considerando que esse grupo de alunos respondia bem aos questionamentos colocados pelo professor, foi solicitado aos alunos que explicassem a origem das linhas escuras no espectro do Sol, observadas por Fraunhofer. A partir das respostas, o professor apresentou a controvérsia Brewster e Miller sobre a origem das linhas escuras. Utilizou a discussão da con-

⁵ Disponível em: <www.bbc.co.uk/portuguese/noticias/2012/08/120806_marte_robos_ss.shtml>. Acesso em: 10 ago. 2012.

trovária para retomar questões sobre o processo de construção da ciência, já levantadas com os alunos, como a não existência de um único e infalível método para construção da ciência. Destacou, ainda, que controvérsias estão recorrentemente presentes na construção da ciência.

Aula 4 – O teste de chama – Espaço: laboratório didático da escola
Realização do teste de chama para diferentes substâncias e discussão da dificuldade na identificação da cor de cada elemento químico durante o teste.
Estratégias: Atividade experimental demonstrativa do teste de chama
Bibliografia: ANDRADE; ALVIM, 2009; MONTEIRO; NARDI, 2007; KIRCHHOFF; BUNSEN, 1860.

Antes de realizar o teste de chama para o estrôncio, o bário, o sódio, o cobre, o cálcio e o lítio com o Bico de Bunsen, o professor destacou o problema da dificuldade na definição da cor da substância sem a utilização desse instrumento. Destacou, então, que a coloração da própria chama usada para queimar a substância influenciava na definição da cor da substância. Assim, discutiu-se que a construção do Bico de Bunsen foi fundamental naquele contexto científico, pois permitia a obtenção de uma chama com mais segurança e com maior definição da cor. Os resultados obtidos no laboratório e ilustrados na Fig. 1 motivaram a discussão sobre a cor de cada substância ao ser queimada. Por exemplo, para a chama referente ao cálcio, a turma se dividiu entre as cores laranja e avermelhada, enquanto que para a queima do lítio, a dúvida ficou entre violeta e azul.

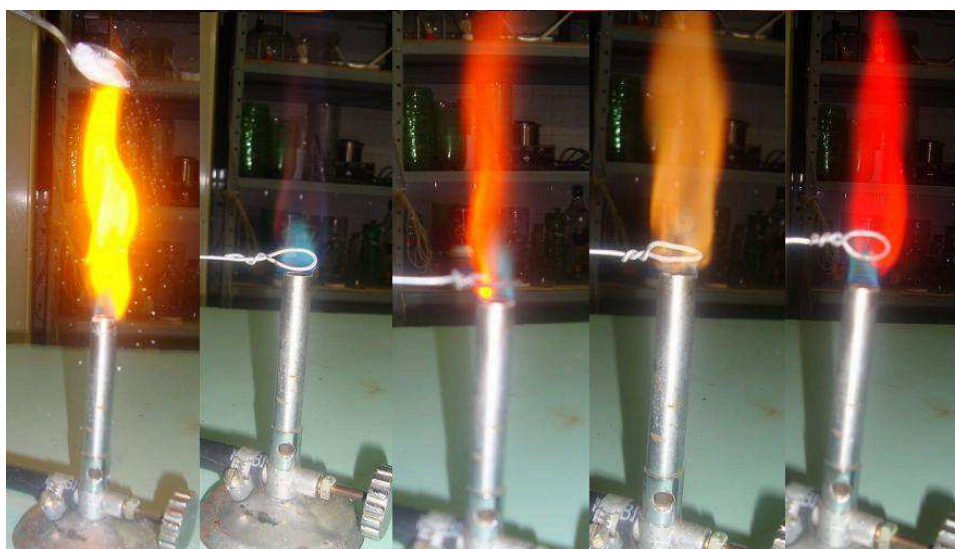


Fig. 1 – Fotos dos resultados obtidos no laboratório da escola a partir do teste de chama, da esquerda para a direita: sódio, lítio, cálcio, bário e estrôncio (Fonte: autor).

Durante essa aula, surgiram questionamentos, que o professor deixou em aberto para ser respondido ao longo do curso, como por exemplo: “Quando colocamos a substância no fogo ela evapora, então é na queima que ela vai transmitindo as cores?” (aluna S).

Aula 5 – A origem das linhas escuras segundo Kirchhoff
Discutir o processo de investigação sobre a origem das linhas escuras realizado por Kirchhoff e a análise dos espectros contínuos e descontínuos a partir das leis de Kirchhoff para a espectroscopia. Destacar as consequências do desenvolvimento da espectroscopia na Astronomia, na Física e na Química.
Estratégias: Uso de slides com mais imagens do que textos.
Bibliografia: KIRCHHOFF; BUNSEN, 1860; ANDRADE; ALVIM, 2009; FILGUEIRAS, 1996; MONTEIRO; NARDI, 2007; MARTINS, 2006; QUINTAL; GUERRA, 2009.

O professor iniciou a aula 5 comparando os resultados obtidos no teste de chamas da aula anterior com os resultados obtidos por Bunsen e Kirchhoff a partir do espectroscópio de chamas (Fig. 2).

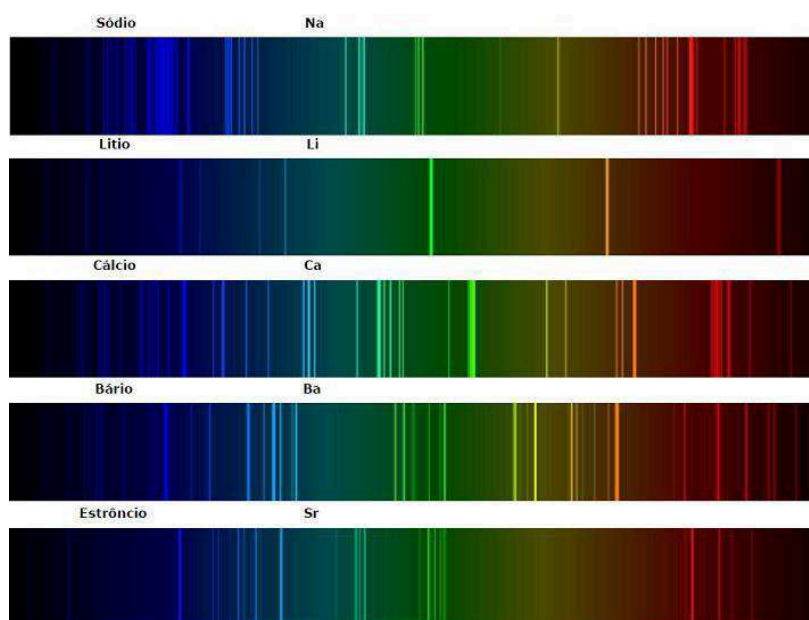


Fig. 2 – Espectro descontínuo do sódio, do lítio, do cálcio, do bário e do estrôncio⁶.

⁶ Apesar da imagem apresentada, o professor ressaltou que esses espectros foram obtidos por John Talbot a partir da excitação dos elementos químicos por meio de uma descarga elétrica. Entretanto, para fins didáticos, a imagem é bastante ilustrativa para caracterizar as observações feitas por Bunsen e Kirchhoff a partir da utilização do espectroscópio de chamas, que possibilitou que esses cientistas particularizassem cada um desses elementos baseando-se na observação do seu espectro. Disponível em:

<www.on.br/conteudo/divulgacao_cientifica/espectroscopia.html>. Acesso em: 12 ago. 2012.

Ao ver a imagem dos espectros descontínuos obtidos por Bunsen e Kirchhoff, a aluna C afirmou: “caramba que diferença, nós não vimos todas essas cores no teste de chama da aula anterior.”.

Após esse momento, o professor apresentou imagens do experimento realizado por Kirchhoff, onde ele fez passar a luz do Sol pela chama do sódio, colimando-a através de uma fenda e decompondo-a, em seguida, por meio da utilização de um prisma. O professor descreveu o experimento e destacou, então, que o intuito de Kirchhoff era investigar a provável relação entre a linha amarela do espectro de sódio e a linha escura D do espectro do Sol. Antes de apresentar o resultado experimental obtido por Kirchhoff, o professor indagou aos alunos o que Kirchhoff teria obtido de resultado.

O aluno V afirmou que o resultado seria “um espectro contínuo, pois as linhas amarelas do sódio completaram as linhas escuras do Sol, como se fosse uma absorção das linhas”. Os alunos L, C e Q apresentaram falas de acordo com a afirmação do aluno V. Os outros alunos não se manifestaram.

Ao apresentar os resultados experimentais obtidos por Kirchhoff, os alunos se espantaram:

“Poxa, as linhas escuras não deveriam ter sido preenchidas, fiquei confusa” (aluna C).

Respondendo à aluna C, a aluna K ponderou: “Não concordo. A linha escura deveria realmente ficar mais intensa, pois o sódio seria absorvido tanto pelo Sol, quanto pela chama de sódio”.

“Isso mesmo, o aumento da intensidade da linha escura era porque o sódio vem com a luz do Sol, aí juntou com a luz do próprio sódio e então a linha escura se intensificou” (aluna Q).

A aluna K ainda destacou: “o sódio da atmosfera solar absorveu a linha referente ao sódio, ficando uma linha escura, aí quando esse espectro passava pelo sódio da chama que estava aqui, o sódio da chama absorvia mais ainda”.

O debate em torno aos resultados encontrados nos experimentos de Kirchhoff encaminhou a aula para a análise das três leis de Kirchhoff, usadas para explicar a origem das linhas escuras.

Após a análise das leis de Kirchhoff, o professor perguntou: Além da atmosfera solar, o que também poderia ser responsável pela origem das linhas escuras?

Aluno L: “O vapor de sódio!”.

Aluna Q: “Como ele sabia que não tinha vapor de sódio na atmosfera terrestre?”.

Professor: O experimento feito com luz branca na Terra não apresentava uma linha escura mais intensa, se tivesse sódio na atmosfera terrestre, a linha ficaria mais intensa, você não concorda?

Aluno L: “Professor, segundo a 3ª lei de Kirchhoff, eu posso dizer que é o resfriamento que produz a linha escura?”.

O professor respondeu à pergunta, explicando o fenômeno de acordo com as leis de Kirchhoff. O aluno L, então, fez mais uma pergunta: “Mas, então, na atmosfera terrestre, acima da Terra, a temperatura não é mais fria do que na superfície da Terra?”.

O professor respondeu ao aluno, afirmando que a explicação dada é que não há sódio na atmosfera terrestre e que, portanto ao longo da atmosfera não há absorção. A absorção só ocorrerá quando a luz passa pela chama de sódio.

Essa aula foi descrita pelo professor no diário como importante para o desenvolvimento da SD. O professor ressaltou que essa aula permitiu-o perceber que a estratégia de disponibilizar os textos para a leitura prévia dos alunos não resultou no efeito esperado, pois algumas referências feitas pelo professor ao texto durante a aula indicavam que os alunos não haviam seguido a recomendação de leitura. Por outro lado, a ocorrência de debates motivados pelas questões históricas e de aspectos da NdC com a participação efetiva dos alunos, inclusive os mais discretos, mostrava-se um traço marcante das aulas. Assim, o professor percebia que o processo dialógico professor-aluno aumentava a cada aula.

Essas considerações fizeram com que o professor propusesse ao grupo de pesquisa a ampliação dos momentos de debate e desconsideração da leitura prévia dos textos em seu planejamento.

Aula 6 – Debate sobre concepções dos alunos acerca do que é contínuo e descontínuo
Promover um debate entre os alunos acerca do conceito de contínuo e de descontínuo destacando a inter-relação entre o contexto artístico e o contexto científico.
Estratégias: Debate sobre concepções dos alunos acerca dos conceitos de contínuo e descontínuo e apresentação da imagem dos quadros <i>Nascer do Sol</i> de Claude Monet, 1872 e <i>Tarde de Domingo na Ilha de Grande Jatte</i> de Georges Seurat, 1884 – 86.
Bibliografia: PROENÇA, 1996; GUERRA, BRAGA; REIS, 2005; REIS; GUERRA; BRAGA, 2005;2006; ANDRADE; NASCIMENTO; GERMANO, 2007; ZANETIC, 2006.

Para retomar a discussão dos conceitos de contínuo e discreto, o professor iniciou a aula 6 perguntando aos alunos como eles diferenciavam tais conceitos de contínuo e discreto. O debate que surgiu a partir das respostas de alguns alunos e da réplica de outros foi bem intenso, com os alunos apresentando definições e exemplos que contribuíram para evidenciar o conflito entre os conceitos de contínuo versus descontínuo. Como exemplos de falas significativas dos alunos, destacamos:

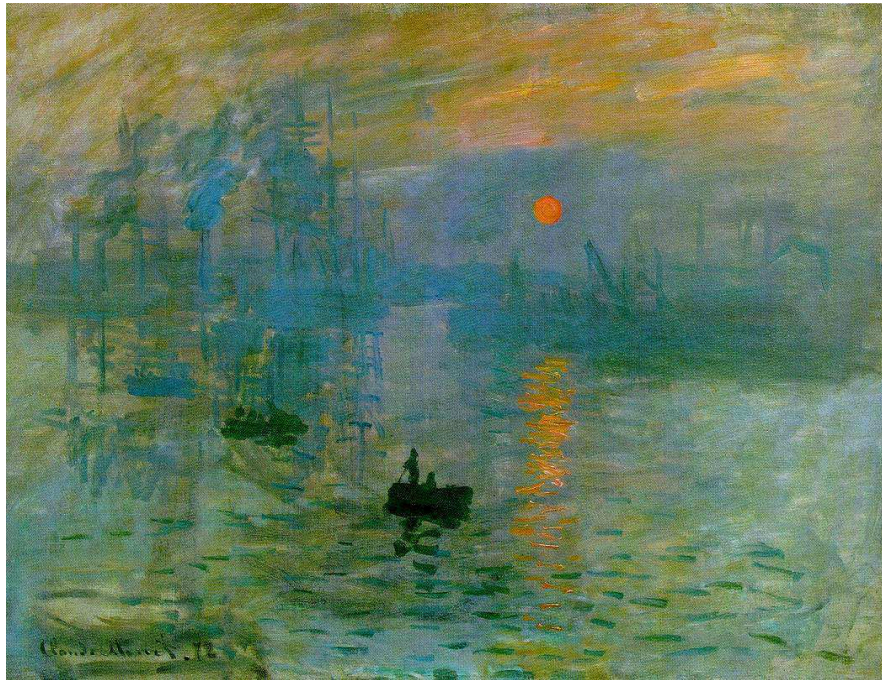
Aluno D: “Contínuo é algo sem interrupção. O infinito é contínuo”.

Aluna Q: “Tudo o que sempre continua é contínuo, como o tempo”.

Aluna C: “Descontínuo é o que apresenta interrupção, tipo o amor”.

Em seguida, o professor expôs os quadros *Nascer do Sol* de Claude Monet, 1872 e *Tarde de Domingo na Ilha de Grande Jatte* de Georges Seurat, 1884 – 86 (Fig. 3) referentes

ao movimento impressionista e pediu aos alunos que classificassem as imagens de acordo com as concepções contínuo e descontínuo apresentadas por eles. Em relação à pintura de Seurat, o professor destacou que ao considerarmos a imagem do quadro em si, temos a ideia de contínuo, entretanto, ao analisarmos a formação da imagem podemos observar que é formada por pequenos pontos, ou seja, é a descontinuidade no aparente contínuo.



a)



b)

Fig. 3 – a) Quadro Nascer do Sol de Claude Monet, 1872; b) Tarde de Domingo na Ilha de Grande Jatte de Georges Seurat, 1884-86.

A partir dessa análise, discutiu-se com os alunos a relação entre a estrutura da matéria e o desenvolvimento da espectroscopia. Ressaltou-se que a explicação dos espectros descontínuos encontrava dificuldade, quando a mesma buscava sustentação no contexto do século XIX relativo à estrutura da matéria. Chamou-se a atenção dos alunos de que os modelos atômicos de Thomson e Rutherford, o qual eles haviam estudado em Química, não haviam sido propostos no contexto de discussão dos espectros de sódio.

Essa discussão fez surgir entre os alunos questionamentos sobre os critérios de avaliação do curso, como expressou a aluna A: “Mas, e na prova, como vai ser essa coisa do contínuo e descontínuo? Eu posso achar que é descontínuo e você considerar a minha resposta errada?”.

O professor, então, iniciou sua resposta argumentando que a construção da ciência não se encontra presa a afirmativas certas e erradas, e sim na proposição de modelos e ideias que possam ser discutidos. Em relação à prova, o professor disse à aluna que ela conseguiria apresentar seu ponto de vista sem o desconforto da indecisão entre certo e errado.

Essa discussão em relação à prova foi levada pelo professor ao grupo de pesquisa como um indicativo de que os alunos encontram-se enraizados no hábito de memorização de um padrão de respostas a ser reproduzido nas avaliações. Esse fato ilustra uma das dificuldades encontradas pelo professor durante a abordagem de novos conteúdos a partir da abordagem histórico-filosófica: produzir avaliações com outra perspectiva e convencer os alunos que eles estavam preparados para esse novo tipo de avaliação.

Assim como a aula 4, a aula 7 também foi dedicada a uma atividade experimental, porém realizada pelos alunos.

Aula 7 - Atividade experimental de observação de espectros
Observação dos espectros das lâmpadas de vapor de sódio e de vapor de mercúrio com um espectroscópio de baixo custo e extração de dados para realização de atividade didática relacionada aos espectros contínuos e descontínuos.
Estratégias: <i>Kit</i> experimental de baixo custo montado pelo professor, <i>kit</i> experimental próprio para prática de laboratório e manual para realização da experiência produzido pelo professor.
Bibliografia: CAVALCANTE; TAVOLARO; HAAG, 2005; CAVALCANTE; JARDIM; BARROS, 1999; PIETROCOLA <i>et al.</i> , 2010.

Essa aula ocorreu no laboratório didático da escola. Os alunos foram convidados a observar e fotografar os espectros das lâmpadas de vapor de sódio e de mercúrio, partir de um espectroscópio de baixo custo⁷, que haviam construído em casa e em grupo, a partir de orien-

⁷ CAVALCANTE; TAVOLARO; HAAG, 2005.

tações entregues pelo professor quinze dias antes da aula. Eles foram informados que usariam os dados colhidos na aula para a realização de uma atividade futura.

Durante a observação e registro dos espectros, o professor destacou com os alunos algumas características daquela atividade que poderiam ser estendidas à atividade científica, como: a necessidade de calma e paciência durante a coleta de dados, o fato de muitos experimentos necessitarem da colaboração de mais de uma pessoa e a importância da construção de técnicas diferenciadas para o arranjo experimental e coleta de dados (Fig. 4).



Fig. 4 – Alunas K, Q e R em trabalho coletivo de observação e tiragem das fotos do espectro do mercúrio (Fonte: autor).

Ainda com alguns alunos realizando a observação do espectro da lâmpada de mercúrio, o professor apresentou um kit que continha rede de difração para observação dos espectros das lâmpadas de vapor de hidrogênio, de hélio, de nitrogênio e de oxigênio. Durante as observações, os alunos realizaram alguns comentários como:

Aluna N: “O hidrogênio tem poucas linhas mesmo?”.

Aluno W: “As linhas mudam de lugar de um elemento para o outro”.

Aluna B: “As linhas do oxigênio são fraquinhas mesmo ou a lâmpada está ruim?”.

Próximo ao final, enquanto ocorria a observação do espectro dessas lâmpadas, os alunos se surpreenderam quando o professor pediu que observassem a linha amarela no espectro do hélio e relembrou a discussão ocorrida na aula 5 referente à identificação do hélio no espectro das protuberâncias solares em 1868.

Em seu diário de aulas, o professor avaliou que deveria ter destinado mais tempo à observação do espectro das lâmpadas de vapor de sódio e de vapor de mercúrio, pois os dados

relativos a essas observações seriam utilizados na atividade didática seguinte. A observação dos espectros das lâmpadas do *kit* experimental ocorreu de forma inadequada, segundo escreveu o professor em seu diário. Os alunos ficaram divididos entre obter os dados para a realização das atividades didáticas e observar os espectros das lâmpadas do *kit* experimental.

Aula 8 – A descontinuidade como uma questão em fins do século XIX e início do XX – parte 1
--

Discutir o conceito de descontinuidade em diversos contextos: raios catódicos, raios X, identificação do elétron, divisibilidade da matéria.
--

Estratégias:

Uso de <i>slides</i> com mais imagens do que textos e vídeo sobre os trabalhos de Thomson e o seu modelo atômico.

Bibliografia:

BRAGA; GUERRA, REIS, 2008; PROENÇA, 1996; SEGRÈ, 1987; REIS; GUERRA; BRAGA, 2006; MARTINS, 2006; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; Vídeo sobre a identificação do elétron e do modelo atômico de Thomson. Disponível em: < www.youtube.com/watch?v=i9xMrNDHWts > Acesso em: 26 ago. 2012.

Após a aula experimental, onde os alunos puderam observar o espectro descontínuo de várias substâncias, a aula 08 foi destinada a discutir o conceito de descontinuidade nos diferentes contextos científicos. O professor então destacou questões científicas daquele contexto, como: a construção da tabela periódica de Mendeleiev, o estudo das descargas elétricas no tubo de Crookes, os raios X e a identificação do elétron.

Ao discutir o processo de construção da tabela periódica, o professor percebeu que os alunos não estavam interagindo como era de costume e, assim interrompeu a aula e questionou os alunos sobre o fato. Os alunos A, C, K, L, V, Q afirmaram que não estavam apresentando perguntas por nunca terem estudado aquele conteúdo em Química. Apesar da justificativa dos alunos, o professor concluiu que a aula estava cansativa.

Mesmo com essa percepção, o professor seguiu a aula trazendo questões a respeito da construção do conhecimento científico. Assim, o problema enfrentado por Mendeleiev, referente ao fato do índio e do urânio possuírem pesos atômicos associados a outros elementos, foi utilizado para discutir que um modelo científico pode sofrer questionamentos e a necessidade de aperfeiçoamento a fim de abranger a explicação de novos fenômenos.

Em seguida, ao abordar o processo de identificação do elétron por J. J. Thomson, o professor apresentou um vídeo (Disponível em:

<www.youtube.com/watch?v=i9xMrNDHWts>. Acesso em: 26 ago. 2012) que contextualiza a identificação e a medida da relação carga/massa do elétron e destaca algumas consequências de Thomson. Devido à interação dos alunos com o assunto abordado no vídeo, o professor avaliou como importante modificar o planejamento inicial da aula e discutir também o modelo

atômico de Thomson, o qual estava previsto para a próxima aula. Assim, a aula terminou com a apresentação da outra parte do vídeo (Disponível em: <www.youtube.com/watch?v=i9xMrNDHWts>. Acesso em: 26 ago. 2012), na qual o professor destacou que a visão de Thomson de que os raios catódicos eram formados por partículas o levou a investigar propriedades associadas a esse ponto de vista como a massa da partícula, o que estava de acordo com a proposta de divisibilidade da matéria.

Aula 9 – A descontinuidade como uma questão em fins do século XIX e início do XX – parte 2
Discutir o conflito entre a previsão teórica e os dados experimentais sobre a radiação do corpo negro e analisar a proposta de Planck para conciliação desse conflito. Analisar o problema da instabilidade do átomo no modelo atômico de Rutherford.
Estratégias: Uso de <i>slides</i> com mais imagens do que textos e vídeo sobre o experimento da folha de ouro e sobre o modelo atômico de Rutherford.
Bibliografia: CHIBENI, ,2011; Vídeo sobre o experimento da folha de ouro e sobre o modelo atômico de Rutherford. Disponível em: < www.youtube.com/watch?v=ocJctcoYmXI >. Acesso em: 29 ago. 2012. GUERRA; BRAGA; REIS, 2005; SIQUEIRA; PIETROCOLA, 2010; SILVEIRA; PEDUZZI, 2006.

Em relação à aula 9, os alunos disseram espontaneamente ao professor que haviam realizado a leitura prévia do texto da aula devido às dificuldades encontradas em algumas discussões ocorridas na aula anterior. Em função desse posicionamento dos alunos, o professor apresentou-lhes duas perguntas: Vocês acreditam que a observação de dados experimentais pode estar em desacordo com previsões teóricas utilizadas para sua explicação?

Os alunos L e I responderam rapidamente: “É claro que sim!”.

O professor, então, iniciou a discussão sobre a incoerência entre a previsão teórica da Física Clássica para a relação entre intensidade luminosa e comprimento de onda e os dados experimentais obtidos com a espectroscopia no século XIX. Após a discussão, o professor lançou a seguinte pergunta: Será que o corpo teórico da Física Clássica, o qual explicava uma variedade de fenômenos naturais desde as contribuições de Newton até aquele contexto deveria mudar completamente? Ou somente parte desse corpo teórico?

O aluno I afirmou que todo o corpo teórico deveria ser modificado. O professor argumentou: Conhecimentos estabelecidos há séculos que explicam grande parte dos fenômenos da natureza podem estar totalmente errados? O aluno I alterou sua resposta afirmando: “Não, toda a teoria não”.

Nesse momento, o professor discutiu com os alunos que o limite de uma teoria pode ser interpretado como o momento em que um conjunto de conhecimentos não é suficiente para explicar determinado fenômeno.

Em seguida, o professor discutiu a proposta de Planck de que a relação entre os diferentes níveis de energia e as diferentes frequências se dava de forma descontínua através da equação $E = nhf$. Após essa discussão, iniciou-se um debate sobre o que significava quantização, e o professor em seus argumentos utilizou exemplos do cotidiano, como a unidade monetária.

Outro momento de destaque da aula 9 foi a exibição de um vídeo que apresentava o experimento da folha de ouro e relacionava-o ao modelo atômico de Rutherford (Disponível em: <www.youtube.com/watch?v=ocJctcoYmXI>. Acesso em: 28 ago. 2012). Após a exibição do vídeo, o professor perguntou: Quais características, quanto à constituição da estrutura da matéria, podem estar relacionadas à investigação do experimento da folha de ouro? O aluno I afirmou: “A matéria é descontínua”. E o aluno L acrescentou que devia haver muitos espaços vazios, pois os pontos luminosos atingem diferentes regiões da placa. Essas respostas foram pontuadas pelo professor em seu diário como um indicativo de que os alunos estavam acompanhando as discussões travadas em sala.

Próximo ao final da aula, o professor discutiu o problema da instabilidade do elétron ao redor do núcleo no modelo atômico de Rutherford. O professor deixou essa questão sem resposta, buscando relacioná-la com a abordagem do modelo atômico de Bohr a ser trabalhado na aula 10.

Aula 10 – Modelo atômico de Bohr
Discutir o processo de quantização do raio orbital e da energia. Analisar do ponto de vista quântico os espectros contínuos e descontínuos.
Estratégias: Uso de <i>slides</i> com mais imagens do que textos, vídeo sobre os postulados e sobre o modelo atômico de Bohr.
Bibliografia: SEGRÈ, 1987; GUERRA; BRAGA; REIS, 2005; SILVEIRA; PEDUZZI, 2006; PIETROCOLA <i>et al.</i> , 2010; STACHEL, 2005.

Os alunos ao início da aula 10 dirigiram-se ao professor indagando-o: “Quero só ver essa resposta sobre a explicação dos espectros descontínuos?” (aluna N); “Quero só ver se essas coisas vão se conectar?” (aluno L). Esse posicionamento dos alunos é um indicador que a aula 10 foi bastante esperada e que as discussões travadas em sala estavam fazendo os alunos refletirem sobre os temas abordados.

Nesse sentido, o professor procurou relacionar a aula 10 com as anteriores com intuito de provocar nos alunos questionamentos e reflexões sobre o surgimento de uma nova

visão sobre a estrutura da matéria, levando em consideração o desenvolvimento anterior da Física Clássica. Assim, o professor relacionou a observação dos espectros realizada no laboratório com o modelo atômico de Bohr e logo o aluno L comentou: “Mas isso tem haver com níveis de energia”.

A discussão dos postulados de Bohr começou a partir da seguinte pergunta: Como Bohr poderia considerar que o elétron não perderia energia?

Os alunos não responderam essa pergunta. O professor, então, destacou que Bohr conciliou conceitos clássicos, como força elétrica, força centrípeta e momento angular com conceitos novos, como quantização de energia e propôs seu modelo atômico. Logo em seguida a aluna C perguntou: “O que é momento angular?” e o aluno I comentou: “Nós não estudamos isso!”. Durante a explicação desses conceitos, o professor demonstrou a equação dos níveis de energia e a equação do raio orbital e a aluna A expressou preocupação com a matemática: “Essas fórmulas vão cair na prova professor?” enquanto a aluna C fez uma relação com a Química: “Isso tem haver com aquele negócio de camada?”.

A partir da pergunta da aluna C, o professor discutiu os valores de n nas equações apresentadas, destacando os conceitos de estado fundamental e de estado excitado do elétron e o aluno L exclamou: “É aquele negócio da Química!”. A fala do aluno L e da aluna C foi ressaltada pelo professor em seu diário como interessante, pois mostrava que as discussões se aproximavam de conteúdos da Química, um dos objetivos da proposta.

A explicação dos espectros de absorção e de emissão baseados nos postulados de Bohr foi motivada a partir de perguntas surgidas ao longo do curso: Porque a linha escura no espectro de absorção se relacionava com a linha brilhante no espectro de emissão? Porque o mercúrio emite linhas violetas e verdes? Porque que cada elemento químico possui seu próprio espectro?

As respostas a essas questões foram construídas pelo professor a partir do cálculo e da análise das frequências associadas às transições do nível 1 para o nível 2 e do nível 2 para o nível 3 para o átomo de hidrogênio. A partir de uma imagem do espectro eletromagnético⁸ e dos resultados encontrados o professor lançou a pergunta: A que faixa de frequência no espectro eletromagnético correspondia os resultados das transições?

O aluno L respondeu rapidamente a pergunta: “O resultado da transição do nível 2 para o nível 3 corresponde a uma frequência na faixa da luz visível, pois o valor de $4,63 \times 10^{14}$ Hz está compreendido no intervalo de luz visível e eu também encontrei um valor próximo a esse nos cálculos da atividade didática”.

A fala do aluno L levou outros alunos a participarem do debate, apresentando novas questões e respostas aos questionamentos colocados pelo professor e por outros alunos durante as explicações que se seguiram.

O professor destacou em seu diário que a exibição de vídeos, a utilização de pinturas, como as do Impressionismo e o uso de imagens nas aulas 8, 9 e 10 foram elementos im-

⁸ Disponível em: <www.mundoeducacao.com.br/fisica/luz-visivel.htm> Acesso em: 01 set. 2012>.

portantes, pois mantiveram os alunos atentos e potencializou discussões em torno aos temas em questão. Ele registrou, também, ser fundamental o uso de estratégias diferenciadas para trabalhar o contexto histórico em sala de aula.

Aula 11 – Continuação modelo atômico de Bohr
Discutir problemas não investigados por Bohr a partir do seu modelo atômico, assim como a própria limitação do seu modelo.
Estratégias: Uso de <i>slides</i> com mais imagens do que textos e vídeo sobre modelo atômico de Bohr.
Bibliografia: SEGRÈ, 1987; GUERRA, BRAGA; REIS, 2005; Vídeo sobre modelo atômico de Bohr. Disponível em: < www.youtube.com/watch?v=DC3yLdHEe7k >. Acesso em: 05 set. 2012.

O professor retomou nessa aula, o modelo atômico de Bohr. Para tal, iniciou a aula, citando alguns estudos realizados antes do modelo atômico de Bohr, como as séries espectrais de Balmer, Lichen e Pachsen. O professor, então, destacou que a partir do modelo de Bohr foi possível construir explicações para fenômenos estudados naquele contexto, como as séries espectrais destacadas e os raios X e ressaltou o processo dinâmico da ciência. O modelo de Bohr permitiu explicação de fenômenos conhecidos, mas contribuiu para o surgimento de novos questionamentos. Para discutir esse último ponto, o professor retomou questões surgidas ao longo do curso, como por exemplo: “Porque que, durante a queima da substância, aparecem outras cores até chegar à cor final da substância?” (questão apresentada pela aluna S durante o teste de chama e retomada pelo professor na última aula) e apresentou os limites do modelo atômico de Bohr. Enquanto o professor apresentava respostas a essa questão, os alunos fizeram referências a conceitos que haviam estudado em modelo atômico, mostrando que o debate realizado permitiu-os relacionar as discussões históricas e conceituais tratadas com o que haviam estudado em Química, como indica a fala de alguns alunos:

Aluno L: “Eu me lembro da distribuição eletrônica estudada em Química, mas não me lembrava dos números quânticos”.

Aluna J: “Esse negócio de spin são os quadradinhos da Química”.

Aluno Z: “Caramba, igual ao da Química”.

Para finalizar a SD, o professor apresentou uma questão, afirmando que ele não a responderia e que os alunos deveriam refletir sobre ela, sem precisar explicitar naquele momento sua resposta. A questão apresentada pelo professor foi: Será que os personagens envolvidos nessa pequena parte do processo de desenvolvimento da ciência poderiam imaginar a que ponto levaria seus estudos e conclusões a respeito da estrutura da matéria?

V. Considerações finais

A construção, aplicação e avaliação da SD e dos produtos a ela vinculados mostraram-se viáveis para responder a questão central desse trabalho: que elementos do tema espectroscopia desenvolvidos em aulas de Física, numa abordagem histórico-filosófica, podem complementar o estudo de modelo atômico realizado nas aulas de Química do Ensino Médio?

Em relação à construção de respostas possíveis à questão da pesquisa, o primeiro ponto a ser destacado é que a discussão em torno às observações de Fraunhofer proporcionou naquela sala de aula discussões em torno ao significado dos termos contínuo e discreto. O trabalho em torno ao significado desses termos se mostrou uma porta de entrada para o professor trazer à tona questões sobre a constituição da matéria, colocando em pauta o debate sobre a matéria ser discreta. Reconhece-se que a discussão do significado dos conceitos de discreto e contínuo poderia ser desenvolvida sem que o estudo de espectroscopia numa abordagem histórico-filosófica fosse trabalhado. Porém tal abordagem, ao trazer à sala de aula discussões sobre o contexto sócio, cultural e científico em torno ao desenvolvimento da espectroscopia, permitiu o destaque de pontos como o movimento artístico do pontilhismo, os estudos com raios catódicos e raios X, a identificação do elétron, que permitiram ao professor explorar a diferença entre uma concepção contínua e uma discreta para a matéria e colocar que essa era uma questão em aberto naquele contexto.

O estudo histórico-filosófico da espectroscopia apresentou, ainda, a possibilidade da realização de experimentos com os alunos. O desenvolvimento desses experimentos se mostrou motivador para os discentes, como indicam os dados analisados. Durante a execução dos experimentos, os alunos fizeram perguntas ao professor que facilitaram a discussão de questões como a dificuldade da obtenção de uma chama pura e da construção de equipamentos específicos para resolver esse problema. Dessa forma, foi possível discutir que muito desenvolvimento técnico advém da busca por respostas experimentais, assim como desenvolvimentos técnicos produzidos longe da ciência possibilitam a construção de artefatos experimentais e novas questões para a ciência.

Outro elemento a ser destacado da abordagem histórico-filosófica do estudo de espectroscopia foi que as aulas suscitaram uma participação efetiva daqueles alunos, que não estavam acostumados com aquela abordagem nas aulas de física. Essa participação fez com que os alunos apresentassem dúvidas ao professor e este colocasse perguntas aos alunos, possibilitando explicitar questões em torno ao processo de construção da ciência, como a questão da falibilidade da ciência e de se esta caminha para um patamar final, onde alcançará a certeza. Nesse ponto, deve-se destacar que a exploração das questões surgidas na aula 5 a respeito dos dados coletados por Kirchhoff e das possíveis respostas dadas pelo estudo da constituição da matéria no início do século XX aos espectros descontínuos observados permitiu apresentar aos alunos uma história não linear com idas e vindas.

Deve-se ainda destacar, que o estudo da espectroscopia possibilitou ao professor retomar temas tratados nas aulas de Química, como o modelo atômico de Bohr, ressaltando o

sucesso e os limites desse modelo ao ser confrontado com as linhas espectrais dos elementos até então identificadas pelos estudos de espectroscopia. A partir da discussão dos limites do modelo de Bohr foi, ainda, possível mostrar, que novas proposições sobre a constituição da matéria, como os números quânticos, precisaram ser consideradas com vistas a explicar os diferentes espectros dos elementos reconhecidos. Dessa forma, a abordagem histórico-filosófica possibilitou ao professor destacar que no caminho de construção da ciência novos problemas surgem, novas questões são colocadas, inviabilizando um desenvolvimento linear e rumo ao mundo das certezas, como destacado pelos alunos ao término da aula 2.

Em relação a esse estudo em particular, um elemento a ser ressaltado refere-se ao tempo didático. Os registros dos dados apontam que para o professor o tempo didático foi um obstáculo ao desenvolvimento da SD, visto que para ele mais tempo era necessário para as atividades experimentais. Porém a SD aponta para possibilidades de estudos de temas também tratados na disciplina de Química, assim, defende-se que o estudo histórico-filosófico da espectroscopia nas aulas de Física, conjugado ao da constituição da matéria pode ser um caminho para abrandar o problema do tempo didático. Isto porque muitas questões trazidas pelo professor nas últimas duas aulas da SD foram levantadas pelos alunos como temas já estudados em Química. Assim, numa perspectiva futura pode-se, a partir da discussão do contexto sócio, cultural e científico em torno ao desenvolvimento da espectroscopia, levantar o conhecimento dos alunos sobre modelo de Thomson, Bohr e outros relativos à constituição da matéria e, assim, potencializar as discussões históricas pretendidas sem que esses modelos precisem ser novamente apresentados na íntegra.

Porém, deve-se, também, pontuar que no contexto em que a pesquisa se desenvolveu, ou seja, uma escola que não trabalhava nas aulas de ciência (Física, Química e Biologia) questões sobre a ciência e, portanto, sobre o seu processo de construção, o estudo histórico-filosófico da espectroscopia foi importante para levantar elementos de NdC. Isto porque ao trazer à tona um assunto já estudado nas aulas de Química, o modelo atômico, foi possível problematizar o crescimento linear da ciência, ao se destacar as explicações a respeito do espectro descontínuo, possibilitadas pelos estudos de modelo atômico do início do século XX e, também, os problemas que os resultados dos estudos de espectroscopia colocaram aos cientistas que se dedicavam ao estudo da constituição da matéria.

A abordagem histórico-filosófica possibilitou, assim, ao professor destacar o trabalho científico dos envolvidos na construção dos modelos atômicos no início do século XX, como uma construção humana, relacionando os contextos científicos da Física, da Química e da Astronomia com os contextos sociais e artísticos. Dessa forma, foi possível promover um olhar mais abrangente para a ciência.

Cabe ainda destacar que as dificuldades apontadas pela pesquisa foram superadas de modo satisfatório, permitindo apontar que o estudo do tema espectroscopia, nas aulas de Física, é capaz de suscitar questões importantes ao estudo do modelo atômico desenvolvido nas aulas de Química.

Referências bibliográficas

- ALMEIDA, M. J. P. M. Historicidade e Interdiscurso: Pensando a Educação em Ciências na Escola Básica. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 333-341, dez. 2004.
- ANDRADE, J. C.; ALVIM, T. R. Química Analítica Básica: uma visão histórica da análise qualitativa clássica. **Chemkeys – Liberdade para aprender**, p. 1-8, set. 2009.
- 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, 2007.
- BOGDAN, R.; BIKLEN, S. K. **Investigação Qualitativa em Educação: uma introdução à teoria e aos métodos**. Porto: Porto Editora, 1994. 333p.
- BRAGA, M.; GUERRA, A.; REIS, J. C. **Breve história da ciência moderna: Das máquinas do mundo ao universo-máquina**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2005. 135p.
- _____. **Breve história da ciência moderna: A belle-epoque da Ciência (séc. XIX)**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008. 188p.
- CARDOSO, S. O.; DICKMAN, A. G. Simulação Computacional aliada à teoria da aprendizagem significativa: uma ferramenta para ensino e aprendizagem do efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 2, p. 891-934, out. 2012.
- CARUSO, F.; FREITAS, N. Física Moderna no Ensino Médio: O espaço tempo de Einstein em tirinhas. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 2, p. 355-366, ago. 2009.
- CARVALHO, A. M. P. Uma metodologia de pesquisa para estudar os processos de ensino e aprendizagem em salas de aula. In: SANTOS; GRECA (Orgs.). **A pesquisa em ensino de ciências no Brasil e suas metodologias**. Unijuí: Editora Unijuí, 2006, p. 13-48.
- CARVALHO, A. M. P.; GONÇALVES, M. E. R. Formação Continuada de Professores: O vídeo como tecnologia facilitadora de reflexão. **Cadernos de Pesquisa**, n. 111, p. 71-94, dez. 2000.
- CAVALCANTE, M. A.; JARDIM, V.; BARROS, J. A. A. Inserção de Física Moderna no Ensino Médio: Difração de um feixe laser. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 16, n. 2, p. 154-169, ago. 1999.
- CAVALCANTE, M. A.; RODRIGUES, T. T. T.; BUENO, D. A. Controle remoto: Princípio de funcionamento (parte 1 de 2). **Caderno Brasileiro de Ensino Física**, v. 30, n. 3, p. 554-565, dez. 2013.
- CAVALCANTE, M. A.; TAVOLARO, C. R. C.; HAAG, R. Experiências em física moderna. **Física na Escola**, v. 6, n. 1, p. 75-82, mai. 2005.

CHIBENI, S. O Surgimento da Física Quântica (notas de aula). Departamento de Filosofia – IFCH – Unicamp. Disponível em:

<<http://www.unicamp.br/~chibeni/textosdidaticos/fisquantica.pdf>> Acesso em: 25 nov. 2011.

Da SILVA, N. C. Laboratório Virtual de Física Moderna: Atenuação da radiação pela matéria. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 1206-1231, dez. 2012.

De PEREIRA, A. P. et al. Uma abordagem conceitual e fenomenológica dos postulados da Física Quântica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 2, p. 831-863, out. 2012.

FILGUEIRAS, C. A. L. A espectroscopia e a química – Da descoberta de novos elementos ao limiar da teoria quântica. **Química Nova na Escola**, n. 3, p. 22-25, mai. 1996.

_____. A evolução da Química do século XVI ao século XIX através de textos originais. **TriploV**, n. 18, ago. 2011. Disponível em:

<http://triplov.com/hist_fil_ciencia/carlos_alberto_filgueiras/evolucao_da_quimica/index.htm>. Acesso em: 20 jul. 2012.

FORATO, T. C. M.; 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, abr. 2011.

GIL-PÉREZ, D. Contribución de la historia y de la filosofía de las ciencias al desarrollo de um modelo de enseñanza/aprendizaje como investigación. **Enseñanza de Las Ciências**, v. 11, n. 2, p. 197-212, 1993.

GRECA, I. M.; MOREIRA, M. A. Uma revisão da literatura sobre estudos relativos ao ensino da Mecânica Quântica introdutória. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 6, n. 1, p. 29-56, jan. 2001.

GUERRA, A. et al. **Galileu e o Nascimento da Ciência Moderna**. 9. ed. São Paulo: Atual Editora, 1998. 52p.

GUERRA, A.; BRAGA, M.; REIS, J. C. **Faraday e Maxwell Eletromagnetismo: Da indução aos dínamos**. São Paulo: Atual Editora, 2004. 64p.

_____. **Bohr e a interpretação quântica da natureza**. São Paulo: Atual Editora, 2005. 64p.

_____. Teoria da Relatividade Restrita e Geral no programa de mecânica do Ensino Médio: uma possível abordagem. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 575-583, 2007.

GUERRA, A.; REIS, J. C.; BRAGA, M. Um Julgamento no Ensino Médio – Uma Estratégia para Trabalhar a Ciência sob Enfoque Histórico-Filosófico. **Física na Escola**, v. 3, n. 1, p. 8-11, mai. 2002.

_____. Tempo, Espaço e Simultaneidade: Uma questão para os cientistas, artistas, engenheiros e matemáticos no século XIX. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, dez. 2010.

GURIDI, V.; ARRIASSECQ, I. Historia y Filosofía de las Ciencias en la Educación Polimodal: Propuesta para su Incorporación al Aula. **Ciência & Educação**, v. 10, n. 3, p. 307-316, dez. 2004.

JARDIM, W. T.; GUERRA, A.; CHRISPINO, A. Revisão de bibliografia: Física Moderna e sua Relevância no Ensino Médio. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XIX, 2011, Manaus. **Atas...**

KIRCHHOFF, G.; BUNSEN, R. Chemical Analysis by Observation of Spectra. **Annalen der Physik und der Chemie**, v. 110, p. 161-189, 1860.

MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência no Ensino: há muitas pedras nesse caminho... **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

MARTINS, L. A. História da Ciência: Objetos, Métodos e Problemas. **Ciência & Educação**, v. 11, n. 2, p. 305-317, dez. 2005.

MARTINS, R. A. Sobre o Papel da História da Ciência no Ensino. **Boletim da sociedade Brasileira de História da Ciência**, v. 9, p. 3-5, 1990.

_____. Como distorcer a Física: considerações sobre um exemplo de divulgação científica 2 - Física Moderna. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 15, n. 3, p. 265-300, dez. 1998.

_____. Arquimedes e a Coroa do Rei: Problemas Históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 17, n. 2, p. 115-121, ago. 2000.

_____. Como não Escrever Sobre História da Física – Um Manifesto Historiográfico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 113-129, mar. 2001.

_____. História e história da ciência: encontros e desencontros. In: DO CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE HISTÓRIA DA CIÊNCIA E DA TÉCNICA, 1º, 2001, Évora. **Atas...**

_____. Introdução: a história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências**: Subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. p. xvii-xxx.

MATTHEWS, M. R. História, Filosofia e Ensino de Ciências: At Tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 12, n. 3, p. 164-214, dez 1995.

MEDEIROS, A. Eric Rogers e o Ensino de Física Moderna. **Física na Escola**, v. 8, n. 1, p. 40-42, mai. 2007.

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R. A utilização da História da Ciência no Ensino de Física: investigando o contexto da construção do espectroscópio de chamas. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XVII, 2007, São Luís. **Atas...**

MONTEIRO, M. A.; NARDI, R.; FILHO, J. B. B. A sistemática incompreensão da teoria quântica e as dificuldades dos professores na introdução da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. **Ciência & Educação**, v. 15, n. 3, p. 557-580, dez. 2009.

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

MOREIRA, M. A.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino de Método Científico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 10, n. 2, p. 108-117, ago. 1993.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa 'Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio'. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 1, p. 23-48, jan. 2000.

PAULA, J. Imagem & Magia: fotografia e Impressionismo – um diálogo imagético. **Impulso**, v. 11, n. 24, p. 53-71, 1999.

PENA, F. L. A. Qual a influência dos PCNEM sobre o uso da abordagem histórica nas aulas de Física? **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 4, p. 517-518, dez. 2007.

PENA, F. L. A.; FILHO, A. R. O uso didático da História da Ciência após a implantação dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM): um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas publicados em periódicos nacionais especializados em ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 26, n. 1, p. 48-65, abr. 2009.

PEREIRA, A. P.; OSTERMANN, F. Sobre o Ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciências**, v. 14, n. 3, p. 393-420, dez. 2009.

PIETROCOLA, M. et al. **Física em contextos, pessoal, social e histórico: eletricidade e magnetismo, ondas eletromagnéticas, radiação e matéria**. São Paulo: FTD, 2010, 528p.

QUINTAL, J. R.; GUERRA, A. A História da Ciência no Processo Ensino-Aprendizagem. **Física na Escola**, v. 10, n. 1, p. 21-25, mai. 2009.

RANGEL, F. O.; RIBEIRO, C. E. Ensino de Física mediado por tecnologias digitais de informação e comunicação e a literacia científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. Especial 1, p. 651-677, set. 2012.

REIS, J. C.; GUERRA, A.; BRAGA, M. Física e arte: a construção do mundo com tintas, palavras e equações. **Ciência e Cultura**, v. 57, n. 3, p. 29-32, set. 2005.

_____. Ciência e Arte: relações improváveis? **História, Ciências, Saúde – Manguinhos**, v. 13, (suplemento), p. 71-87, out. 2006.

SEGRÈ, E. **Dos raios X aos quarks. Físicos modernos e suas descobertas**. Brasília: Editora Universidade de Brasília, 1987. 345p.

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, dez. 2011.

SILVA, H. R. A. **Física Moderna no Ensino Médio: a espectroscopia na gênese das modernas concepções de Física e áreas afins**. 2013. 136 f. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática) - Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET-RJ, Rio de Janeiro.

SILVA, H. R. A.; GUERRA, A. História e Filosofia da Ciência: Desafios e Possibilidades. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XX, 2013, São Paulo. **Atas...**

SILVA, L. F.; ASSIS, A. Física Moderna no Ensino Médio: Um experimento para abordar o efeito fotoelétrico. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, p. 313-324, ago. 2012.

SILVEIRA, F. L.; PEDUZZI, L. O. Q. Três episódios de descoberta científica: da caricatura empirista a uma outra história. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 23, n. 1, p. 26-52, abr. 2006.

SIQUEIRA, M.; PIETROCOLA, M. O espalhamento de Rutherford na sala de aula do Ensino Médio. **Física na Escola**, v. 11, n. 2, p. 9-11, out. 2010.

STACHEL, J. (Org.). **O ano miraculoso de Einstein: cinco artigos que mudaram a face da física**. 2. ed. Rio de Janeiro: Editora UFRJ, 2005. 222p.

TEIXEIRA, E. S.; FREIRE Jr. O. um estudo sobre a influência da História e Filosofia da Ciência na formação de estudantes de Física. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE ENSINO DE FÍSICA, XVII, 2007, Vitória. **Atas...**

TERRAZAN, E. A. A inserção da Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 9, n. 3, p. 209-214, dez.1992.

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