

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO

TIAGO DESTÉFFANI ADMIRAL

**O USO DO EPISÓDIO HISTÓRICO DO PADRE LANDELL NA FORMAÇÃO DE
PROFESSORES: AVALIAÇÃO DE UMA PROPOSTA DIDÁTICA SOBRE A
TRANSMISSÃO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS**

Campos dos Goytacazes
Abril - 2018

TIAGO DESTÉFFANI ADMIRAL

**O USO DO EPISÓDIO HISTÓRICO DO PADRE LANDELL NA FORMAÇÃO DE
PROFESSORES: AVALIAÇÃO DE UMA PROPOSTA DIDÁTICA SOBRE A
TRANSMISSÃO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais do Centro de Ciências e Tecnologias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciências Naturais.

Orientadora Professora. D.Sc.. Marília Paixão Linhares.

Campos dos Goytacazes
Abril - 2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Preparada pela Biblioteca do CCT / UENF

56/2018

Admiral, Tiago Destéffani

O uso do episódio histórico do padre Landell na formação de professores : avaliação de uma proposta didática sobre a transmissão de ondas eletromagnéticas / Tiago Destéffani Admiral. – Campos dos Goytacazes, 2018.

xi, 202 f. : il.

Tese (Doutorado em Ciências Naturais) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Ciências Físicas. Campos dos Goytacazes, 2018.

Orientador: Marília Paixão Linhares.

Área de concentração: Ensino de Ciências.

Bibliografia: f. 158-174.

1. FÍSICA – ESTUDO E ENSINO 2. CIÊNCIA – ESTUDO E ENSINO 3. PROFESSORES – FORMAÇÃO – EPISÓDIOS HISTÓRICOS 4. ARDUINO (CONTROLADOR PROGRAMÁVEL) 5. EXPERIMENTOS HISTÓRICOS I. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Ciências Físicas II. Título

CDD 530

TIAGO DESTÉFFANI ADMIRAL

**O USO DO EPISÓDIO HISTÓRICO DO PADRE LANDELL NA FORMAÇÃO DE
PROFESSORES: AVALIAÇÃO DE UMA PROPOSTA DIDÁTICA SOBRE A
TRANSMISSÃO DE ONDAS ELETROMAGNÉTICAS**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciências Naturais do Centro de Ciências e Tecnologias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Ciências Naturais.

Orientadora Professora. D.Sc.. Marília Paixão Linhares.

Aprovado em 18 de Abril de 2018

Comissão Examinadora:

Prof. Dr.Sc. Edmundo Rodrigues Júnior - IFES

Prof. Dr.Sc. João Paulo Casaro Erthal - UFES

Dr.Sc. Prof. Pierre Schwartz Augé - IFF

Prof^a. Dr.Sc. Marília Paixão Linhares - UENF (Orientadora)

Agradecimentos

Agradeço a Deus em primeiro lugar por iluminar meu caminho e minha mente

Agradeço, em especial minha orientadora Marília Paixão Linhares, pelo acompanhamento e aconselhamento em diversas ocasiões.

Agradeço aos meus amigos que me acompanharam nessa caminhada do doutorado, Cassiana, Edmundo, Laís, Leandro, Vanessa e Guilherme (*in memoriam*).

Agradeço também minha amada esposa Tais Mozer Lourencini Destéffani, pelo companheirismo e pela compreensão em várias ocasiões nas quais tive que me dedicar ao meu estudo, em detrimento da convivência. E principalmente pelo apoio incondicional sempre.

Agradeço a meus pais que, da forma como puderam, me apoiaram.

Agradeço também ao amigo, e autor de alguns livros que utilizei nesse trabalho, Ivan Dorneles Rodrigues e sua esposa Liris, por terem recebido a mim e minha esposa em sua casa e, gentilmente, nos ajudarem a levantar documentos para a pesquisa sobre Landell.

Agradeço, por fim, a todos da minha família por torcerem por mim e me nunca terem me deixado sozinho nessa caminhada, sou grato à todos vocês.

SUMÁRIO

Introdução	12
Capítulo 1: Revisão de literatura e quadro teórico	16
1.1 Quadro teórico.....	16
1.2 Revisão de literatura.....	18
1.3 História e Natureza da Ciência	60
1.4 Ensino de um episódio histórico.....	64
1.5 Fundamentos da aprendizagem significativa.....	67
Capítulo 2: Evolução dos conceitos de eletricidade.....	72
2.1 Aprofundamento dos estudos da eletrodinâmica.....	78
2.2 O episódio histórico - Padre Landell de Moura	82
Capítulo 3: Procedimentos metodológicos.....	95
3.1 Desenvolvimento da pesquisa.....	96
3.2 Local da pesquisa.....	100
Capítulo 4: Resultados do primeiro semestre.....	103
Capítulo 5: Resultados do segundo semestre.....	123
5.1 A aula teórica e prática sobre circuitos simples.....	123
5.2 A aula prática sobre arduino e suas aplicações no ensino de física.....	131
5.3 O estudo do episódio histórico.....	136
Considerações Finais.....	151
Referências Bibliográficas.....	158
ANEXO I – Carta do Padre Roberto Landell de Moura.....	176
APÊNDICE I – Modelo de questionário apresentado aos alunos	177
APÊNDICE II – Exemplo de formulário preenchido por aluno I.....	178
APÊNDICE III - Exemplo de formulário preenchido por aluno II.....	179
APÊNDICE IV – Plano de Aula Utilizado em sala, primeiro semestre	180
APÊNDICE V – Plano de Aula da prática de circuitos, segundo semestre.....	183
APÊNDICE VI – Questionário sobre prática dos circuitos, grupo B.....	187
APÊNDICE VII – Questionário sobre prática dos circuitos, grupo A.....	188
APÊNDICE VIII – Esquema do regulador de tensão.....	189
APÊNDICE IX – Questionário do estudo do episódio histórico.....	191
APÊNDICE X – Plano de aula da prática sobre arduino	192
APÊNDICE XI – Plano de aula do estudo do episódio histórico.....	196

Resumo

Diante da incessante necessidade de aprimorar as estratégias de ensino e, em concordância com a preocupação de tornar o ensino de física cada vez mais relacionado ao cotidiano e às tecnologias, este trabalho traz a proposta de analisar a aplicação de uma estratégia de ensino, baseada em um estudo de um episódio histórico, em uma turma de licenciatura em física. O trabalho consistiu em uma pesquisa qualitativa e se dividiu em dois semestres, no primeiro semestre foram elaboradas atividades com o intuito de conhecer o perfil, concepções e conhecimentos prévios, em especial o conceito de campo elétrico, de uma turma de nove alunos, enquanto que no segundo semestre foi estruturada uma sequência didática com aulas expositivas e duas experimentais, além da aula experimental do estudo do episódio histórico, que culminou na construção de um circuito transmissor FM. Durante as atividades do segundo semestre as avaliações de aprendizado e acompanhamento dos alunos foram obtidas através de questionários semi estruturados, entrevistas, gravações de áudio, avaliações escritas e observações. Por meio de análise de conteúdo e análise de discurso essas informações foram analisadas, dessa forma foi possível compreender as dificuldades conceituais dos alunos e elaborar intervenções que se mostraram extremamente eficientes no que diz respeito ao aprendizado. A pesquisa revelou resultados concordantes com a teoria da aprendizagem significativa, também foi possível perceber a importância dos conhecimentos prévios e das representações visuais para o aprendizado. Através da análise do conteúdo dos materiais escritos pelos alunos foi possível encontrar elementos que evidenciam, de forma explícita, que a utilização do episódio histórico além de ter propiciado um aprendizado conceitual altamente satisfatório, também agregou elementos do aprendizado que não foram mobilizados em outras estratégias.

Palavras-chave: Natureza da Ciência, Estudo de caso Histórico, Landell de Moura Ensino de Ciências.

Abstract

Faced with the incessant need to improve teaching strategies and, in agreement with the concern to make physics teaching increasingly related to everyday life and to technologies, this paper proposes to analyze the application of a teaching strategy, based on a study of a historical episode, in a bachelor's degree in physics. The work consisted of a qualitative research and was divided into two semesters, in the first semester activities were developed with the purpose of knowing the profile, conceptions and previous knowledge, especially the electric field concept, of a class of nine students, while in the second semester was structured a didactic sequence with expository classes and two experimental ones, besides the experimental class of the study of the historical episode, that culminated in the construction of an FM transmitter circuit. During the second semester activities, student learning and follow-up evaluations were obtained through semi structured questionnaires, interviews, audio recordings, written evaluations and observations. By means of content analysis and discourse analysis, this information was analyzed so that it was possible to understand the conceptual difficulties of the students and to elaborate interventions that proved to be extremely efficient in terms of learning. The research revealed results consistent with the theory of meaningful learning, it was also possible to perceive the importance of previous knowledge and visual representations for learning. Through the analysis of the content of the materials written by the students, it was possible to find elements that explicitly show that the use of the historical episode besides providing a highly satisfactory conceptual learning also added elements of learning that were not mobilized in other strategies.

Key words: Nature of Science, History Case Study, Landell de Moura, Science Education.

Lista de Tabelas

Tabela 1 - Artigos da revista História da Ciência e Ensino.....	25
Tabela 2 - Estrutura da Sequência Didática e atividades desenvolvidas.....	97
Tabela 3 - Distribuição das representações do conceito de campo elétrico.....	114
Tabela 4 - Distribuição das respostas por semelhança.....	141
Tabela 5 - Relação entre alunos e conceitos corretos.....	145

Lista de Gráficos

Gráfico 1 - Distribuição dos artigos por tema, revista: CBEF.....	21
Gráfico 2 - Distribuição dos grupos HC.....	29
Gráfico 3 - Distribuição dos artigos por tema (Science & Education).....	54
Gráfico 4 - Quantidade de artigos encontrados por revista.....	57
Gráfico 5 - Gráfico da distância do sensor ao pêndulo.....	135

Lista de Figuras

Figura 1 - Elementos envolvidos na formação de professores.....	37
Figura 2 - Primeira página da primeira edição do De Magnete.....	74
Figura 3 - Brasão de Willian Gilbert, reproduzida a partir do De Magnete.....	75
Figura 4 - Pilha de Volta, discos de Cu e Zn empilhados.....	79
Figura 5 - Réplica do equipamento de Landell.....	82
Figura 6 - Diploma de radio amador.....	89
Figura 7 - Capa de Livro sobre Landell.....	89
Figura 8 - Capa de livro, Subsídios para saldar uma dívida.....	90
Figura 9: Pesquisador Ivan e autor do trabalho.....	91
Figura 10: Linha do tempo dos inventores.....	93
Figura 11 - Ilustração da primeira folha da patente número 775.337.....	99
Figura 12 - Local da pesquisa.....	101
Figura 13 - Exemplos de linhas de Campo elétrico de cargas pontuais.....	117
Figura 14 - Exemplo de utilização visual do escoamento de um fluido.....	118
Figura 15: Fonte de bancada.....	124
Figura 16: Circuito regulador de tensão.....	125
Figura 17: Exemplo de gráfico dos alunos I.....	127
Figura 18: Exemplo de gráfico dos alunos II.....	128
Figura 19 - Esquema do arduino.....	132
Figura 20 - Sensor HC-SR04 posicionado próximo ao pêndulo.....	134
Figura 21 - Esquema do circuito do transmissor FM.....	138
Figura 22 - Um dos dispositivos transmissores e o rádio usado na aula.....	139
Figura 23 - Outro circuito transmissor FM.....	140

Introdução

Com o desenvolvimento cada vez mais acelerado de tecnologias e do conhecimento científico, se torna urgente a necessidade de repensar e aprimorar estratégias concernentes ao ensino de ciências, em especial no ensino de física. Além das estratégias de ensino é necessário nos preocuparmos também com as representações que os alunos possuem sobre a natureza das ciências em si, especialmente os alunos das licenciaturas que serão os responsáveis pela Educação Científica.

O distanciamento da produção do conhecimento científico, e das pessoas que são responsáveis pela sua construção, é reforçado por algumas ideologias de senso comum que categorizam os cientistas como seres “abençoados” com uma luz do conhecimento e que, através exclusivamente de suas habilidades individuais matemáticas e dedutivas, produzem um conhecimento isolado e impassível de erros e questionamentos.

Uma estratégia de ensino que pode contribuir com a redução desse tipo de visão é a utilização de estudo de episódio histórico El Hani (2006). Através desse prisma o aluno é convidado a entender, vivenciar e até mesmo a reproduzir os caminhos trilhados por cientistas do passado. Devidamente orientado pelo professor, o aluno passa de mero ouvinte para protagonista do processo de aprendizagem. Sobre o protagonismo e autonomia do aluno podemos considerar que o respeito à autonomia e à dignidade de cada um é um imperativo ético e não um favor que podemos ou não conceder uns aos outros (FREIRE, 1996, p.35).

Assumindo a citação anterior como razoável tornam-se desnecessárias maiores justificativas sobre a postura desejável que o professor deve assumir diante a relação professor/aluno.

O estudo de um episódio histórico busca, em linhas gerais, selecionar um evento histórico científico, que se destaque de alguma forma, apresentá-lo devidamente aos alunos por meios textuais ou visuais, com a finalidade de que o aluno desenvolva um conjunto de conhecimentos científicos referentes ao episódio apresentado. Além dos conhecimentos científicos específicos (conteúdos), o estudo do episódio histórico proporciona a oportunidade para que o aluno exerça sua autonomia na construção do conhecimento e, ao mesmo tempo, seja conduzido à refletir sobre a

natureza da Ciência, já que o mesmo tem contato com os aspectos sociais envolvidos no episódio histórico, e não apenas informações técnicas.

O episódio histórico selecionado nesse trabalho é a construção do primeiro dispositivo que transmitiu uma onda mecânica sonora por meio de um sinal eletromagnético. A notável façanha de transmitir o primeiro sinal *wireless* pertence a um padre, Brasileiro, Roberto Landell de Moura. (ALMEIDA, 2006).

A seleção desse episódio não é arbitrária, ela é justificada por vários fatores considerados como relevantes. O primeiro motivo, e provavelmente mais óbvio, reside na importância da descoberta em si. A tecnologia *wireless* está presente em praticamente todos ambientes na sociedade, possivelmente não conseguimos mais pensar em uma sociedade moderna sem rádio, transmissões de TV, internet e celulares. De acordo com Freire (1996) o aprendizado se torna mais natural na medida em que o educando vê relações cotidianas no conhecimento estudado.

A segunda razão pela qual o episódio foi selecionado consiste na valorização das pessoas que produzem conhecimento científico, em particular, na valorização de cientistas brasileiros. O reconhecimento ou não de um determinado personagem na história da ciência não é, necessariamente, determinado pelo valor de sua contribuição, mas está atrelado aos fatores sociais, econômicos, políticos e históricos. O padre Roberto Landell de Moura é um exemplo de que, mesmo possuindo primeira patente Brasileira de um equipamento capaz de enviar e receber um sinal eletromagnético para enviar a voz humana, não recebeu o devido reconhecimento na época, e nem depois. Além disso, Landell é o primeiro brasileiro a possuir um equipamento patenteado nos EUA.

O terceiro motivo para a seleção desse episódio em particular é devido à facilidade que podemos analisar a natureza da origem do conhecimento científico. Tendo acesso ao percurso, dificuldades e desafios enfrentados por Landell, podemos aproximar os alunos do processo de construção do saber científico, desmistificando a falácia de que cientistas são seres que concebem espontaneamente o conhecimento.

O trabalho consistiu em duas etapas, a primeira etapa ocorreu em um semestre, acompanhando uma turma de licenciatura em física. Através do desenvolvimento de atividades em sala foi obtido um perfil da turma, bem como suas concepções prévias sobre assuntos pertinentes ao trabalho, em especial sobre o campo elétrico. Na

segunda etapa, já em outro semestre letivo, a mesma turma foi acompanhada e foi utilizada uma sequência didática, que incluía a abordagem do episódio histórico, com a finalidade de verificar, descrever e acompanhar a contribuição do método na apropriação de conhecimentos científicos referentes aos conteúdos trabalhados e às representações da Natureza da Ciência.

A partir da situação exposta, nos dedicaremos a investigar o seguinte: de quais maneiras o uso do método de estudo de um episódio histórico, associado à abordagem da história da ciência pode contribuir para a construção de conceitos científicos e desenvolver nos alunos um conceito de natureza da Ciência mais elaborado em relação ao senso comum?

O trabalho está dividido em cinco capítulos, além das considerações finais. O primeiro capítulo, "Revisão de literatura e quadro teórico", traz um levantamento das principais referências da área de estudo da pesquisa, além de uma revisão de literatura realizada para obter um levantamento dos trabalhos mais relevantes sobre o assunto.

O segundo capítulo "A evolução dos conceitos de eletricidade" discorre sobre a história e evolução do conceito de eletricidade, trazendo um panorama sobre os principais eventos que marcaram o desenvolvimento da eletricidade. O capítulo também aborda a história do conceito do campo elétrico, através de uma discussão histórica apresentamos as principais influências históricas sobre a construção desse conceito.

O capítulo três, "procedimentos metodológicos", é dedicado a descrever as atividades da pesquisa, o capítulo traz os procedimentos metodológicos adotados para esse trabalho. Neste capítulo também estão disponíveis os principais referenciais de análise do material coletado durante o trabalho.

Os resultados da pesquisa estão divididos em dois capítulos, o capítulo quatro, "Resultados do primeiro semestre", traz os resultados da aplicação do primeiro semestre, nele se encontram as análises dos materiais elaborados pelos alunos, e suas implicações para a pesquisa.

Já no capítulo cinco, "Resultados do segundo semestre" estão os resultados das atividades da sequência didática que foi aplicada no segundo semestre da pesquisa, esse capítulo se subdivide em três partes, cada uma delas dedicando-se a descrever uma estratégia prática realizada com os alunos. Ao final desse capítulo é

realizada uma compilação de resultados que envolvem também informações de resultados do capítulo anterior. A síntese dessas análises é apresentada de forma mais ampla nas considerações finais.

1 Revisão de Literatura e quadro teórico

“If I have seen further it is by standing on the shoulders of giants.”
(Sir. Isaac Newton)

Nesse capítulo será realizado um levantamento das principais referências da área de estudo dessa pesquisa, bem como uma revisão de literatura dos trabalhos mais relevantes cujo objeto de estudo se aproximam do alvo de nossa pesquisa.

1.1 QUADRO TEÓRICO

O interesse no estudo da história da ciência no ensino de ciências remonta o início do século XX. Com o desenvolvimento cada vez maior da área, em algum tempo as aplicações da história da ciência no ensino de ciências começaram a ser alvo de interesse de forma concreta. Ações, como a reforma educacional de 1931, começaram a dar mais fôlego ao movimento. Essa reforma, também chamada de reforma Francisco Campos, já prevê em seu texto original que a dimensão histórica seja abordada em disciplinas como "Sciencias phisicas e natuares" (BRASIL, 1931). De acordo com Marques (2015);

Teria a função de apresentar as principais teorias e personagens que deram importantes contribuições para o atual estado científico. Conforme salienta Beltran, tal perspectiva era coerente com a corrente historiográfica da época, ou seja, buscar no passado as teorias e as personagens para confirmar os conhecimentos científicos atuais, de modo a nomear os precursores – “pais” das áreas Física, Química e Biologia, desprezando os conhecimentos, por exemplo, de Aristóteles, Ptolomeu, Paracelso entre outros. O conhecimento científico, portanto, era progressivo e linear (MARQUES, 2015, p.3).

Dessa forma, entre outras correntes emergentes da época, o movimento que incentivava a inserção de história da ciência foi sendo desenhado baseado em ações internas, de políticas públicas, e externas por meio de influências acadêmicas, principalmente européias.

Atualmente temos, de forma análoga, diretrizes que continuam apontando para a inserção do aspecto histórico no ensino de ciências. E, além disso, partir de problemáticas históricas no intuito de construir novos conhecimentos, desfazendo algumas concepções prévias dos alunos que, em boa medida, se assemelham à representações já assumidas como válidas no decorrer histórico da ciência. Em

relação ao uso da história da ciência no ensino de ciência, podemos citar que os parâmetros curriculares nacionais de física orientam que se deve:

Compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época. Compreender, por exemplo, a transformação da visão de mundo geocêntrica para a heliocêntrica, relacionando-a às transformações sociais que lhe são contemporâneas, identificando as resistências, dificuldades e repercussões que acompanharam essa mudança. Compreender o desenvolvimento histórico dos modelos físicos para dimensionar corretamente os modelos atuais, sem dogmatismo ou certezas definitivas (BRASIL, 2007, p.14).

O documento dispõe não apenas sobre a ênfase que deve ser dada ao aspecto histórico do uso da história da ciência, mas também sobre a provisoriade do conhecimento científico. Entre os autores que contribuíram com essa forma de pensar se destaca principalmente Kuhn (2009), com seu livro a estrutura das revoluções científicas. De maneira menos enfática outros autores, como Chalmers (2012) em seu livro O que é ciência afinal?, também discutem sobre o tema.

Em ambas obras os autores procuram debater sobre a natureza do fazer e do saber científico. Thomas Kuhn escreve sobre a provisoriade do conhecimento científico, e dos paradigmas que norteiam as pesquisas realizadas nos laboratórios. Ele descreve que há períodos históricos nos quais uma teoria científica é bem aceita, nesse caso os pesquisadores trabalham averiguando experimentos sobre o que ele chama de "ciência normal".

Em contrapartida há momentos nos quais acontecem choques entre teorias causando, crises conceituais, as "revoluções científicas". Ao passo que Chalmers se preocupa em questionar a natureza do conhecimento científico enquanto provisório, e categorizar as formas de obtê-lo, como por indução, por exemplo. As obras citadas estão de acordo com a citação das orientações curriculares, que dizem claramente que deve ser evitado o dogmatismo.

A metodologia utilizada para selecionar, separar e categorizar os artigos segue a orientação da análise do conteúdo de Bardin (2011). De acordo com Bardin (2011) podemos definir a análise de conteúdo como sendo "Um conjunto de técnicas de análise das comunicações visando obter por procedimentos sistemáticos e objetivos de descrição do conteúdo das mensagens, indicadores, quantitativos ou não que permitam a inferência de conhecimentos relativos às condições de produção/recepção (variáveis inferidas) destas mensagens".

Concordando com essa postura podemos expor os passos da análise da forma sugerida por Silva e Fossá (2015);

a) Leitura flutuante: é o primeiro contato com os documentos da coleta de dados, momento em que se começa a conhecer os textos, entrevistas e demais fontes a serem analisadas;

b) Escolha dos documentos: consiste na definição do *corpus* de análise;

c) Formulação das hipóteses e objetivos: a partir da leitura inicial dos dados;

d) Elaboração de indicadores: a fim de interpretar o material coletado;

As autoras ainda relembram que, a escolha dos dados que devem ser analisados, deve atender aos quesitos; Exaustividade, Representatividade, Homogeneidade e Pertinência.

Seguindo esse referencial, os trabalhos obtidos em cada revista foram separados em categorias, que diferem pela temática central dos artigos. Algumas dessas categorias foram criadas antes da análise (*a priori*) e outras posteriormente (*a posteriori*). A seguir apresentamos primeiramente um quantitativo resumido dos artigos por revista e, posteriormente, uma análise por categorias.

A etapa de leitura flutuante foi executada a partir da leitura dos títulos e resumos dos trabalhos. Essa etapa foi guiada por uma escolha prévia das revistas, que consiste no item b), referente à escolha dos documentos. As revistas foram elencadas por relevância (*Qualis*) e afinidade com o tema proposto. Foram criadas as categorias *a priori* como requisito do item c) e, por fim, para satisfazer a última etapa do processo de análise foram retirados os núcleos de significação dos artigos para a análise final. Nessa última etapa foi levada em consideração a estrutura e semântica dos resumos, para identificação de sua categoria.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

No que diz respeito ao estado da arte da área de utilização de história da ciência no ensino de física, foi realizada uma busca em oito revistas remontando períodos de tempo distintos, dependendo das revistas. A busca foi realizada nas revistas: Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF); Revista Eletrônica Enseñanza de Las Ciencias (REEC)/ Enseñanza de Las Ciencias (Antiga); Ciência & Educação (Bauru); Investigações em Ensino de Ciências (ienci/UFRGS); Revista Brasileira de História

da ciência (SBCH); Caderno Brasileiro de Ensino de Física, História da Ciência e Ensino (construindo interfaces) e Science & Education (S&E). Utilizando como termos chave as expressões, “história da ciência” e “formação de professores”. E na revista internacional não foi utilizada busca por palavras chave, uma vez que os artigos de interesse poderiam ter títulos que não apresentassem essas palavras. Dessa forma a seleção foi realizada através da leitura dos títulos individualmente e, caso o título pudesse sugerir algum elemento de interesse, foi realizada a leitura do resumo.

Como resultado das pesquisas na revista RBEF, o termo "história da ciência", como assunto, retornou 20 resultados no total. Esses artigos traziam abordagens diversificadas sobre a história da ciência em temas como; História da ciência na sala de aula: Uma sequência didática sobre o conceito de inércia; A teoria analítica do calor de Joseph Fourier: uma análise das bases conceituais e epistemológicas; Isaac Newton e a dupla refração da luz; entre outros. Entre esses 20 artigos, quatro apresentavam um enfoque específico para a experimentação: (SILVA, SANTOS, DIAS, 2011); (SOUZA, et al, 2013); (PASSOS, 2009); (SOUZA, SILVA, ARAUJO, 2014).

Ao pesquisar pelo termo "história da ciência" na revista REEC e também no sítio da página antiga da revista, (Ensenansa de Las Ciéncias) encontramos 28 artigos sobre o assunto. De forma análoga à primeira busca, realizada na revista anterior, os temas abordados envolviam desde aspectos epistemológicos da história da ciência até sequências didáticas que envolvem o assunto.

Ao realizar a busca pelos artigos que se referiam ao aspecto experimental encontramos outros mais: (LATIFA, ALAIN, 2014); (FOLMER, et. al., 2009); (NEVES, et. al., 2008); (BADILLO, 2004); (JÚNIOR, et. al., 2016); (BRICCIA, CARVALHO, 2011); (CUNHA, 2012). Dessa forma foram realizadas busca nesses bancos de dados, nas revistas Ensenansa de Las Ciéncias e REEC. No caso dessa revista o período de pesquisa foi a partir de 2000, devido à reformulação sofrida pela revista no período antecedente a esse ano.

Já em outra revista, Ciência & Educação, a busca pelo termo história da ciência retornou 21 artigos, entre eles (VITAL, GUERRA, 2016); (BATISTA, LUCAS, 2013); (MOREIRA, 2012); (VIDAL, PORTO, 2012); (BARROS, CARVALHO, 1998); (NEVES, 1998); (NEVES, SAVI, 2000); (ZANOTELLO, 2011); (SORPRESO,

ALMEIDA, 2010); (GATTI, NARDI, SILVA, 2004) são os que mais se aproximam da abordagem de interesse deste trabalho.

Para a busca realizada na revista *Investigações em Ensino de Ciências* (ienci/UFRGS) foram retornados seis resultados sobre o tema história da ciência. Sendo que desses seis os três artigos (GATTI, NARDI, 2010); (BRAVO, PESA, 2015) e (RAICIK, PEDUZZI, 2015) apresentam reflexões pertinentes aos interesses do trabalho. Como se trata de uma revista relativamente nova, as buscas foram compreendidas do ano 2009 até 2016.

A Revista Brasileira de história da Ciência (SBCH), veicula trabalhos variados sobre a história da ciência, tecnologia e filosofia da ciência. Devido a essa característica a busca, nessa revista, se restringiu a artigos que fazem referência à história da ciência e o ensino de ciências. Sobre esse tema foram encontrados 12 artigos, sendo que, desses 12, dois faziam menção à formação do professor e experimentação (SILVA, 2013) e (QUEIROZ, TEIXEIRA, 1992). Por se tratar de uma revista especializada na área, a busca compreendeu todas as edições da revista a partir de 1985.

A seguir apresentaremos uma análise detalhada dos artigos de três revistas que apresentaram maior afinidade com o tema pesquisado.

Caderno Brasileiro de Ensino de Física

A análise dos artigos do Caderno Brasileiro de Ensino de Física (Antigo Caderno Catarinense de Ensino de Física) abrangeu todas as edições, desde o ano de 1984. Foram analisados os títulos e resumos dos artigos que apresentaram as palavras chave "história da ciência" e "Formação", um a um, com a finalidade de encontrar quais deles tratavam da história da ciência no ensino e formação docente. O corte temporal não foi obedecido nessa revista, pois a revista em questão possui diversos artigos mais antigos considerados fundamentais na área. Outro fator para isso é que a revista é específica na área de concentração da pesquisa de doutorado, ensino de física.

Como resultados foram encontrados 36 artigos, os iguais foram agrupados por tema central. De acordo com Bardin (2011) a categorização de informações pode ser

realizada agrupando-se os núcleos de significado comuns, a fim de realizar análises mais diretas sobre o conteúdo dos dados analisados.

Vale ressaltar que alguns artigos (CRUZ, 1985); (ROBILOTTA, 1988); (PRADO, 1989); (ÉVORA, 1989); (NARDI, CARVALHO, 1990); (PORTOLÉS, CABO, 1997); (MARTINS, 2000); (MARTINS, 2008); (PENA, FILHO, 2009); (SANTOS, VOELZKE, ARAÚJO, 2012); (PENA e TEIXEIRA, 2013); (JUNIOR, et al., 2015) estão agrupados em conjuntos distintos, porém podem apresentar, como uma abordagem secundária, os mesmos assuntos. Dessa forma a classificação foi realizada de acordo com os temas centrais dos artigos.

A distribuição dos artigos, nessa revista, é mostrada no gráfico 1:

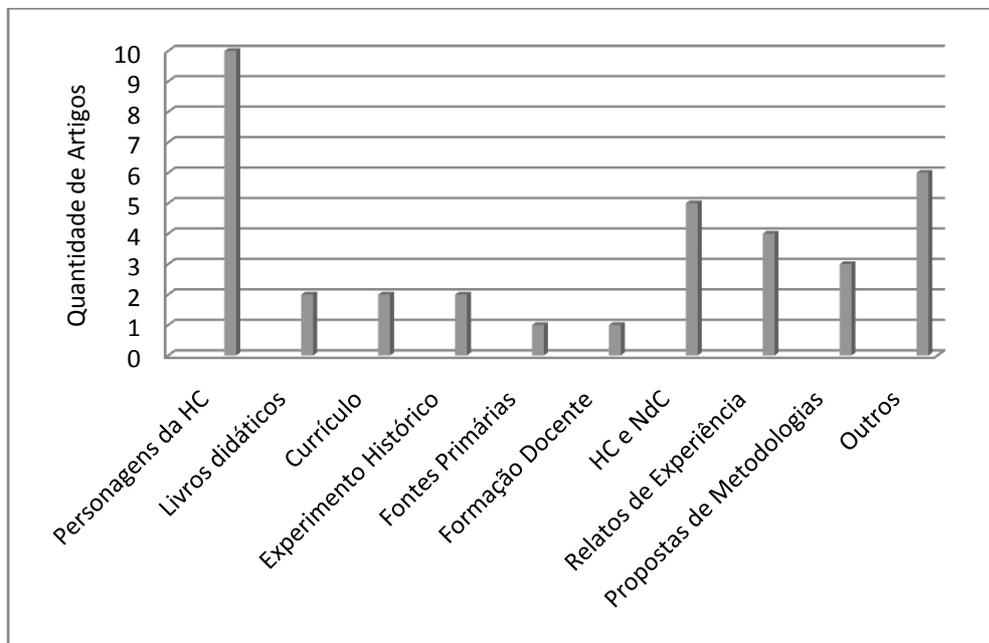


Gráfico 1: Distribuição dos artigos por tema, revista: CBEF.

A primeira categoria, que é a que apresenta a maior quantidade de artigos, é composta por trabalhos que abordam personagens específicos da história da ciência, em particular da física, e discutem os eventos que influenciaram as mudanças conceituais ao longo da história (CRUZ, 1985); (ÉVORA, 1989); (NARDI e CARVALHO, 1990); (PENNEREIRO, 2009); (CORDEIRO e PEDUZZI, 2010); (TEIXEIRA, PEDUZZI e FREIRE, 2010); (PENNEREIRO, 2010); (CORDEIRO e PEDUZZI, 2014); (MOURA, 2016) e (OLIVA, 2016). Esses artigos apresentam discussões sobre nomes destaque na história da ciência, nesses artigos encontramos trabalhos específicos sobre, por exemplo, Galileo e Huygens. Eles

apresentam também discussões históricas controversas que, em algumas ocasiões são desconsideradas na prática docente.

O segundo grupo de artigos, representado pela segunda coluna do gráfico 1, enfoca os aspectos da história da ciência e a forma com a qual eles estão inseridos nos livros didáticos. No trabalho de Braga e Reis (2008), por exemplo, os autores analisam de que forma os livros didáticos contribuem para construir uma visão dogmática da ciência. Já o outro artigo (RODRIGUES JÚNIOR, LUNA e LINHARES, 2014) estabelece critérios para a avaliação de materiais didáticos impressos, utilizados na modalidade de Ensino à Distância (EaD).

O terceiro agrupamento de artigos apresenta trabalhos que tratam da inserção da história da ciência na estrutura curricular. Um dos artigos (PENA e FILHO, 2009) analisa relatos de experiência em uma janela temporal de que vai do ano 2000 até 2006, e relaciona essas experiências com as demandas curriculares estabelecidas pelos Parâmetros Curriculares Nacionais (PNC's), buscando realizar uma análise sobre tendências de trabalhos influenciados pelas orientações. Já o outro artigo (PEREIRA e MARTINS, 2011) realiza análise sobre as disciplinas relacionadas à história e filosofia da ciência, e comparam de que forma elas estão inseridas nos currículos prescritos dos cursos de física e química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN).

Aparecendo no quarto grupo, temos dois artigos que abordam a temática de experimentos históricos, um deles (RINALDI e GUERRA, 2011) descreve de que formas o uso da instrumentação na história da ciência contribuiu para o ensino de ciências, em particular o artigo explora um experimento de construção de um transmissor de voz. O outro artigo (SANTOS, VOELZKE e ARAÚJO, 2012) trata de uma reprodução de um experimento histórico bem conhecido, com a finalidade de aprimorar a construção de conceitos de astronomia em alunos de ensino médio.

O quinto grupo trata, exclusivamente, de fontes primárias. Vale ressaltar que outros trabalhos (SANTOS, VOELZKE e ARAÚJO, 2012); (MOURA, 2016); (OLIVA, 2016) utilizam ou fazem menção às fontes primárias, no entanto seus temas centrais são outros. Já o trabalho (SILVA e GUERRA, 2016) trata especificamente do assunto de uso das fontes primárias no ensino de ciências, na perspectiva da história da ciência.

O sexto grupo, formado por um artigo (RODRIGUES JUNIOR, et. al., 2016) descreve um estudo de caso histórico, elaborado por uma professora de ensino médio, a partir de uma formação continuada EaD, descrevendo um experimento histórico. O experimento de Foucault realizado no Brasil.

Embora o tema Natureza da Ciência apareça de maneira indireta em diversos trabalhos sobre história da ciência, o grupo seguinte apresenta uma quantidade significativa de artigos (FORATO, PIETROCOLA e MARTINS, 2011); (PEDUZZI, TENFEN e CORDEIRO, 2012); (BOAS, et. al., 2013); (GUTTMANN e BRAGA, 2015) e (JÚNIOR, et. al., 2015) que tratam especificamente sobre a natureza da ciência, e sua relação com a história da ciência. Embora cada trabalho utilize enfoques ligeiramente distintos esse é o tema central de todos dessa categoria.

O próximo grupo de artigos, compostos pelos artigos (TEIXEIRA, PEREIRA, e TAKEUCHI, 2008); (MEDINA e BRAGA, 2010); (SILVA e MORAES, 2015); e (REIS e REIS, 2016) se refere àqueles cujo principal objetivo é descrever experiências de sala de aula que envolveram a utilização da abordagem da história da ciência.

O grupo seguinte apresenta três trabalhos (GODOI e FIGUEROA, 2008); (RAPOSO, 2014) e (ALCANTARA e BRAGA, 2017) que trazem consigo propostas de implementação de estratégias de ensino que utilizam o aspecto da história da ciência para orientar as ações práticas em sala.

Por último temos um grupo de artigos (PORTOLÉS e CABO, 1997); (MARTINS, 2000); (MARTINS, 2008); (GUERRA, REIS e BRAGA, 2010); (PENA, 2013) e (PEDUZZI, MARTINS e FERREIRA, 2013) que, embora abordem de maneira secundária algum assunto já categorizado, possuem características muito particulares e foram classificados como "outros". O artigo de Portolés e Cabo (1997), por exemplo, discute a importância do conceito de vácuo através da história da ciência. Os autores realizam um apanhado histórico que remonta a Grécia antiga e os estudiosos árabes.

O artigo de Martins (2000) trata do famoso caso de Arquimedes e a coroa do rei, episódio no qual, teoricamente, Arquimedes teria descoberto uma falsificação da coroa do rei de Siracusa, Hieron. O autor chama a atenção para o fato de que diversos livros didáticos utilizam a fábula como ilustração para conceitos como densidade, no entanto uma análise mais aprofundada sobre o episódio pode revelar que esse pode não ter sido o método utilizado na época para obter esse resultado.

Já o trabalho de Martins (2008) consiste em uma resenha de um livro que descreve a construção do conceito físico do tempo. O artigo (GUERRA, REIS, e BRAGA, 2010) também trata da questão conceitual sobre tempo e simultaneidade. Nele é discutido a influência que esse conceito físico apresenta em outras áreas de conhecimento, como na arte, por exemplo. O texto de Pena (2013) foi publicado numa seção especial da revista "Já lhe perguntaram¹" e explica brevemente a distinção dos conceitos de ondas FM e AM, utilizando um pouco de história do conceito de luz (SALVETTI, 2008).

Por fim o artigo (PEDUZZI, MARTINS e FERREIRA, 2013) consiste em uma resenha sobre o livro "Temas de História e Filosofia no Ensino" e trata de uma discussão geral sobre diversos aspectos de história e filosofia da ciência. Esse artigo finaliza a abordagem sobre os trabalhos da CBEF. Vale ressaltar que percebemos que o Conselho Editorial do CBEF divulgou uma edição extra, devido ao o I Ciclo de Seminários sobre história da ciência, realizado em Florianópolis no mês de outubro de 1987. Essa edição extra rendeu diversos trabalhos na área de história da ciência, trabalhos que foram publicados em 1988 e 1999, que constaram nessa pesquisa.

Os trabalhos analisados à parte na CBEF apresentaram um espectro de abordagens interessante. Como mencionado anteriormente os artigos articularam temas extremamente relevantes, em relação à inclusão da abordagem histórica no ensino de ciências, em particular no ensino de física. Foi possível, entretanto, perceber uma mudança nas abordagens dos artigos variando com o tempo. Como não foi feito o recorte temporal na revista, tivemos a chance de fazer a leitura de trabalhos de mais de três décadas de diferença entre si.

É notória a distinção da abordagem histórica de um trabalho como, por exemplo, de Cruz (1985) e de Oliva (2016). Nesses trabalhos, em particular, podemos perceber que o destaque dado a um personagem específico da história da ciência era claramente individualista. Os trabalhos mais antigos tendem a reproduzir a ideia de que existem os "pais" da ciência, ou seja, existem algumas pessoas que, sozinhas, foram responsáveis por mudanças profundas em suas respectivas áreas. Essa visão individualista vem sendo modificada com o passar do tempo, de forma que nos

¹ Essa categorização do CBEF acomoda artigos que se destinam à responder questões interessantes, geralmente são questões que envolvem tecnologia do nosso cotidiano. Os textos que são alocados nessa classificação possuem, em geral, uma linguagem didática e fisicamente precisa sobre os fenômenos abordados.

trabalhos mais recentes é comum que se incluam nos trabalhos as contribuições até então negligenciadas pela história.

História da Ciência e Ensino (Construindo Interfaces)

Passando para a análise aprofundada de outra revista, história da ciência e Ensino (construindo interfaces), foram encontrados 24 artigos relacionados aos temas "história da ciência" e "formação de professores". Para facilitar a visualização das informações, são apresentados os dados resumidos dos artigos na tabela 1.

Tabela 1: Artigos da revista História da Ciência e Ensino (construindo interfaces)

Título do artigo	Objetivos
Algumas contribuições do episódio histórico da síntese artificial da uréia para o ensino de química	Sugerir alguns pontos que poderiam ser desenvolvidos no contexto do ensino de química, por meio de um episódio histórico encontrado em grande parte dos livros didáticos de química destinados ao ensino médio: a síntese artificial da uréia.
A História da Ciência e o ensino da recursividade: as torres de Hanói	Apresentar a técnica de recursividade do ponto de vista de sua utilização na informática com o foco em um episódio histórico.
Alguns textos de história em livros de matemática: uma primeira aproximação	Fazer uma breve consideração acerca de excertos selecionados, tendo como referência a história da ciência
A história e filosofia da ciência na formação de professores de física: controvérsias curriculares	Investigar como os conteúdos históricos, filosóficos e epistemológicos da ciência estão inseridos no currículo das Licenciaturas em Física do Brasil, em termos de objetivos, momentos de inserção e tempos didáticos de desenvolvimento
O lugar da história da ciência nas políticas curriculares brasileiras para o ensino de química	analisar o papel atribuído à história da ciência no currículo prescrito para o ensino de Química na escola secundária no Brasil

<p>Uma contribuição para o ensino da sistemática na sala de aula: relato de experiência sobre a classificação dos animais de Aristóteles e Linné</p>	<p>Analisar a abordagem de livros didáticos sobre a classificação dos animais de Aristóteles e Linné.</p>
<p>A História da Ciência no Ensino de Química: o ensino e aprendizagem do tema cinética química</p>	<p>apresentar e discutir uma abordagem diferenciada do tema cinética química, tendo-se como orientação o desenvolvimento histórico</p>
<p>O indutivismo ingênuo nas atividades experimentais iniciais de curso de graduação em Química: o experimento da vela</p>	<p>Verificar, num estudo de caso, se existe a presença da influência indutivista ingênua em uma aula prática de química.</p>
<p>Do calórico ao calor: uma proposta de ensino de química na perspectiva histórica</p>	<p>Levantar os conceitos prévios de alunos de ensino básico e utilizar uma abordagem histórica no sentido de promover mudança conceitual.</p>
<p>Proposta para o ensino dos conceitos de ácidos e bases: construindo conceitos através da História da Ciência combinada ao emprego de um software interativo de livre acesso</p>	<p>Compreender os aspectos históricos da Química, sua importância e contribuição, combinada ao emprego de uma ferramenta computacional como espaço de experimentação.</p>
<p>História da Ciência em Sala de aula – Propostas para o ensino das Teorias da Evolução</p>	<p>Sugerir atividades utilizando mídia e experimento, e permitam que o professor trabalhe utilizando a história da ciência no ensino das teorias da evolução</p>
<p>História da Ciência e Ensino: em busca de diálogo entre historiadores e educadores</p>	<p>Discutir os elementos necessários para estreitar o diálogo entre historiadores da ciência e educadores e promover a construção de interfaces entre história e ensino</p>
<p>Filosofia e História da Química para educadores em Química</p>	<p>Inserir e articular a química à filosofia, introduzindo, entre outras atividades, o debate sobre: modelo, lei, teoria e representação; os aspectos filosóficos da história da química; exemplos de contextos</p>

	da química e trabalho dos químicos; discussões sobre a química e a filosofia.
A História da Ciência na formação de professores	Propor a história da ciência como uma possibilidade de iluminação dos significados dos conhecimentos escolares.
Formação de professores de ciências no contexto da História da Ciência	Abordar alguns aspectos relevantes sobre a importância da história da ciência no ensino, sua presença nos cursos de formação de professores e a necessidade desse diálogo
Reflexões sobre a inserção da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências	introduzir, às discussões acerca da inserção da História e Filosofia da Ciência (HFC) no Ensino de Ciências
A História da Ciência como Base para a Formação Docente no Ensino de Química no Ensino Fundamental: algumas reflexões	discutir sobre a epistemologia do Ensino de Ciências, fazendo uma breve contextualização histórica sobre o ensino de Química, bem como sua epistemologia
A História da Química como disciplina de Graduação: Levantamento de concepções de graduandos do IQ/UFBA	diagnosticar as expectativas em relação à disciplina, revelar algumas possíveis implicações da história da química para o ensino
Heinrich Rudolph Hertz e a “descoberta” do efeito fotoelétrico: Um exemplo dos cuidados que devemos ter ao utilizar a história da ciência na sala de aula	evidenciar incoerências presentes no estudo da História da Física, mais precisamente nos estudos da História do Eletromagnetismo.
Investigando as ideias e dificuldades dos professores de química do ensino médio na abordagem da história da química	investigar as principais ideias e dificuldades que 20 professores de química, do ensino médio brasileiro, apontam sobre a inclusão da História da Química no ensino de cinética química
Os tipos de abordagem histórica no ensino: Algumas possibilidades encontradas na literatura	Classificar e discutir os tipos de abordagem histórica no ensino.
História da Ciência: elaborando critérios para analisar a temática nos livros	Sugerir um conjunto de critérios metodológicos, com o intuito de facilitar o

didáticos de química do ensino médio	processo sobre a análise de livros didáticos de Química do ensino médio, selecionados pelo PNLEM, quanto ao teor de seus recortes históricos sobre a história da ciência, mais precisamente, sobre a História da Química.
O uso da história da ciência como estratégia para a aprendizagem do ensino de química e biologia na visão dos professores do ensino médio	Expor a visão dos professores de Química e Biologia acerca do uso da história da ciência como forma de contextualizar os conteúdos
Disciplinas de Análise na História de seu Ensino: uma trajetória no curso de licenciatura em matemática da USP de São Paulo	Traçar uma trajetória da disciplina de análise, com relação principalmente aos seus objetivos, conteúdo e bibliografia, no curso de licenciatura em matemática da Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras (FFCL) da USP,

Por se tratar de uma revista específica da temática, também não foram feitos cortes temporais na seleção, ou seja, foram verificados todos os artigos desde o primeiro volume da revista. Além disso, os trabalhos encontrados nessa revista, apresentados resumidamente na tabela 1, por apresentarem teor similar ao objeto de estudo desta tese, serão apresentados individualmente com um apanhado mais detalhado sobre seu conteúdo.

Fazendo uma análise à parte nessa revista, esperávamos classificar os artigos em quatro unidades teóricas *a priori*, no entanto, ao realizar o processo de categorização dos artigos surgiu a necessidade de mais duas categorias *a posteriori*.

Nesse sentido os artigos dessa revista foram classificados em seis categorias, de acordo com o tema central abordado nos artigos;

HC1: Sobre as formas de utilizar HC no ensino

HC2: Relação entre HC e formação docente

HC3: Propostas práticas de aplicação da HC

HC4: Políticas educacionais, currículo e HC

HC5: Episódios de HC e formação docente

HC6: Outros

A distribuição do número de artigos, de acordo com as unidades teóricas, HC1; HC2; HC3; HC4, HC5 e HC6, está mostrada no gráfico 2;

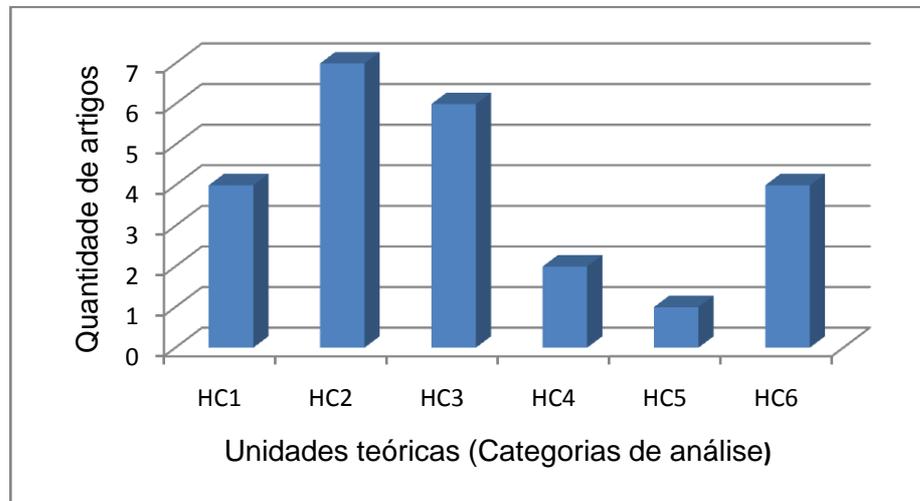


Gráfico 2: Distribuição dos grupos HC.

Segue uma análise separada sobre quais são os artigos que compõem cada uma das unidades HC's, e uma breve síntese de seus conteúdos.

HC1: Sobre as formas de utilizar HC no ensino

Do grupo HC1, que é uma categoria *a priori*, em ordem cronológica, temos os artigos (TAVARES, 2010); (REIS, SILVA e BUZA, 2012); (MARTORANO e MARCONDES, 2012); (MANGILI, 2012). O trabalho de Tavares (2010) chama a atenção para o fato de que a história da ciência é utilizada em muitos contextos como uma apresentação linear de eventos científicos. Ele exemplifica citando livros que descrevem eventos pontuais na história e utilizam-se deles para traçar uma linha do tempo sem quaisquer consideração sobre o contexto histórico em si, ignorando embates de idéias científicas e fatores como política, cultura e economia, por exemplo.

Já no trabalho (REIS, SILVA e BUZA, 2012) os autores analisam alguns professores de química de ensino médio, e como esses professores fazem (*ou não*) uso de abordagens de história da ciência em suas aulas. Nesse trabalho eles perceberam que a utilização da perspectiva histórica era fortemente negligenciada. As duas principais razões para esse fato, de acordo com os autores, foram, a pressão sobre o professor para resultados de cumprimento de ementas e também lacunas a respeito de história da ciência na formação do professor.

Os autores constataram ainda que esses professores se limitavam a fazer pequenas intervenções sobre a história da ciência em assuntos particulares, tais como a evolução do modelo atômico e a construção da tabela periódica. A razão para essa especificidade pode ser explicada pela abundância de material, sobre esses assuntos, nos livros didáticos.

De forma muito similar, o trabalho das autoras Martorano e Marcondes (2012), que é um recorte retirado da tese de doutorado de uma das autoras, também faz uma abordagem sobre o uso da história da ciência e a formação docente. Elas também investigam as representações e dificuldades de um grupo de professores de química a respeito da utilização da história da ciência em sala de aula.

As autoras elaboraram uma descrição minuciosa sobre a natureza do conhecimento da história da ciência e esclareceram que, a utilização do aspecto histórico da ciência passa por um entendimento mais profundo do tema, associado com uma visão do papel da história da ciência na construção do saber científico. De acordo com as autoras:

Admitindo-se a importância da História de Ciência como fomentadora de estratégias para o ensino e aprendizagem, Saito *et. al.* apontam que não é tarefa fácil para o professor elaborar essas estratégias, visto ser um grande desafio integrar duas áreas do conhecimento com objetos de estudos tão diferentes como são os da educação e os da História da Ciência. O primeiro desafio é definir qual visão sobre a história da ciência quer de abordar nessas estratégias: "(...) diferentemente do que pensa o senso comum, não basta juntar História e Ciência para que o resultado final seja provavelmente História da Ciência²" (MARTORANO e MARCONDES, 2012, p.5)

Dessa forma as autoras continuam o texto explorando a utilização da abordagem histórica da ciência e aplicam uma estratégia para estudar as representações de 20 professores de química sobre o papel da história da ciência no ensino de química.

No último artigo do grupo HC1, o autor Mangili (2012) especifica os cuidados que devem ser tomados na abordagem da história da ciência em sala de aula, mais especificamente sobre as fontes utilizadas. O autor afirma que existem determinados períodos, durante a história, nos quais os desdobramentos e reviravoltas científicas não são simples de serem explicados. De acordo com sua opinião, na maioria das vezes os livros didáticos não dão conta de explicar satisfatoriamente a complexidade dos fatos envolvidos. A esses períodos o autor denomina "nós" da história.

Em seu artigo o autor exemplifica um desses "nós" citando a "descoberta" do efeito

² Alfonso-Goldfarb.

fotoelétrico. Em seu texto o autor cita alguns livros didáticos que trazem informações históricas sobre o período dessa descoberta, entretanto, ressalta que as narrativas apresentadas por eles trazem consigo inconsistências e pontos obscuros que não oferecem a dimensão exata da relação entre os eventos.

Para exemplificar seu ponto de vista o autor faz uma abordagem completa sobre o fenômeno citado, trazendo personagens envolvidos na construção desse conhecimento, até a culminância da elaboração final da teoria publicada em 1905, *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt* (Sobre um ponto de vista heurístico relativo à geração e à transformação da luz), que mais tarde rendeu a Albert Einstein o prêmio Nobel de física.

HC2: Relação entre HC e formação docente

A segunda categoria HC2, também categoria *a priori*, apresenta em ordem cronológica os seguintes artigos: (SAITO, 2010); (FERREIRA e FERREIRA, 2010); (VIANA, PEREIRA e OKI, 2011); (GONDIN e MACHADO, 2013); (MARQUES, 2015); (KAVALEK. *et. al.*, 2015) e (HIDALGO e LORENCINI JÚNIOR, 2016). Essa categoria, por apresentar um tema mais próximo deste trabalho, terá um detalhamento maior em relação aos textos encontrados, com a finalidade de construir um panorama mais completo em relação ao tema.

O texto do autor Saito (2010) faz um apanhado sobre a relação entre história da ciência e ensino. O autor traz à tona algumas considerações sobre as propostas de articulação entre o ensino e a história da ciência, e considera que grande parte dessas propostas, de maneira geral, carece de uma base teórica mais aprofundada.

O autor classifica as propostas de abordagem da história da ciência no ensino em dois grupos, o primeiro que propõe intervenções diretas em sala de aula e o segundo grupo que tem como objetivo fornecer suporte para o professor (SAITO, 2010, p.3). No primeiro grupo o autor cita, em seu levantamento, as propostas que envolvem utilização de fontes primárias, experimentos históricos e simulações em *softwares*. Já no segundo grupo o autor relata a presença de trabalhos que buscam articular a história da ciência com estudos sobre a natureza do conhecimento científico e discussões entre a história da ciência e sua inserção no currículo.

O texto ainda reafirma a contribuição valiosa do uso da história da ciência e sua necessidade para a formação do professor. Entretanto o autor também chama atenção para o fato da necessidade de senso crítico nessa articulação, por exemplo, na escolha do material didático. O autor também destaca no papel que desempenha a abordagem histórica para o processo ensino aprendizagem, de acordo com ele:

Convém aqui observar que, ao aproximarmos a história e o ensino, não procuramos afirmar que o educador deva se dedicar à pesquisa historiográfica ou histórica. Queremos apenas ressaltar que o educador ao levar para a sala de aula as histórias que estão nos livros, atualmente baseadas em uma vertente historiográfica tradicional, tende a reforçar a linearidade do desenvolvimento do conhecimento. Desse modo, o conhecimento científico é apresentado aos alunos como uma sucessão de fatos, organizados de forma lógica e cronológica, omitindo debates e outras questões “extra-científicas” que, direta ou indiretamente, estiveram ligadas no momento de sua formulação. Além disso, cada disciplina da Ciência é apresentada de forma isolada e apartada de outras áreas do conhecimento científico da qual recebeu e também deu contribuições (SAITO, 2010, p.5).

O autor ainda conclui ressaltando a necessidade de trabalhar esses aspectos com vistas a satisfazer as demandas das orientações dos parâmetros curriculares nacionais, que corroboram com essa visão.

O segundo artigo dessa categoria, dos autores Ferreira e Ferreira (2010), também trata da história da ciência na formação de professores, e faz um apanhado geral sobre a importância de considerarmos os eventos já ocorridos a fim de compreender de maneira mais clara as consequências desses eventos. De acordo com o artigo, a forma como compreendemos as soluções para crises tomadas no passado pode nos ajudar, em boa medida, a compreender a trajetória da construção do conhecimento científico e tecnológico atual.

O artigo trata também sobre o papel da abordagem histórica da ciência na formação do professor do ensino básico e, de acordo com ele, as demandas por resultados de ordem prática do cotidiano acadêmico tendem a ofuscar as contribuições da abordagem histórica na formação docente. O texto segue ainda concluindo que, uma vez formado nesse contexto, o licenciando tende a reproduzir esse comportamento em sua vida como professor. O exemplo usado e citado para ilustrar essa afirmação é que:

Para uma grande parte dos alunos, as equações e inequações trigonométricas fazem pouco ou nenhum sentido. Muitos entendem que saber resolvê-las é uma necessidade vinculada à prestação dos exames vestibulares para o Ensino Superior (FERREIRA e FERREIRA, 2010, p.8).

A consequência direta dessa lógica de conhecimento, prevista pelo texto, tende a apresentar determinadas características:

Em síntese, um conhecimento passa a ser instrumental no momento em que deixa de possuir valor em si e se transforma em pura ferramenta para alcançar um objetivo estranho ao seu próprio teor. Nesse caso, aprende-se não por ser uma necessidade humana de ampliação de consciência e de compreensão do mundo, mas por que o saber permite atingir algo externo, que é ambicionado. Desse modo, atingido o verdadeiro objetivo, o conteúdo estudado pode ser esquecido, abandonado, descartado (FERREIRA e FERREIRA, 2010, p.8).

Outra consequência direta dessa sistemática, citada pelos autores, é o empoderamento do conhecimento como instrumento de conquista de status, e não como dimensão edificadora e libertadora do ser humano. Essa motivação, de acordo com os autores, não é a motivação intrínseca do aprendizado e, por essa razão, é seguro assumir que em dado momento quando determinado conhecimento tiver atingido seu objetivo, será esquecido ou deliberadamente negligenciado pelo aluno. O exemplo da trigonometria, citado anteriormente no texto, se mostra proposital ao longo do artigo.

Os autores indicam a história do desenvolvimento da trigonometria como um grande diálogo entre diversos personagens históricos ao longo do tempo que, ao rever e discutir trabalhos já realizados, consegue reestruturar aos poucos as maneiras de conhecer a trigonometria. Inclusive contando com a contribuição de áreas diferentes do conhecimento, como astronomia, que, a partir de suas próprias necessidades de modelagem, ajudou reciprocamente o desenvolvimento da trigonometria.

De forma enfática os autores, que possuem formação em física, afirmam que existe um número muito reduzido de professores da área que se sentem à vontade para abordarem os conhecimentos de forma histórica, mostrando a evolução dos conceitos. Em geral a tendência mais comum é a de que os professores enfatizem a parte matemática da física. O motivo mais preponderante, entre alguns outros, seria exatamente a deficiência do desenvolvimento desses temas na formação docente.

Optando por um enfoque diferente, o terceiro artigo da categoria, (VIANA, PEREIRA e OKI 2011) intitulado "*A História da Química como disciplina de Graduação: Levantamento de concepções de graduandos do IQ/UFBA*" expõe algumas considerações sobre o papel da história da ciência na formação do professor de

ciências (Especificamente química) e um estudo de caso que buscou compreender as representações dos licenciandos sobre a história da química.

O trabalho das autoras consistiu em acompanhar uma turma de graduação em química, na disciplina história da química. Inicialmente as autoras realizaram um teste exploratório, por meio de questionário, com a finalidade de colher as concepções prévias dos alunos, antes do início da disciplina, bem como suas motivações para conhecer a história da química. Uma das perguntas era: "*Quais suas expectativas em relação à disciplina História da Química?*" e entre as possíveis respostas estava a alternativa "Conhecer a evolução/desenvolvimento", que foi marcada pela maioria dos estudantes. Enquanto a alternativa "Estratégias para o ensino" foi assinalada por apenas um aluno. O artigo carece de elementos textuais para uma análise mais profunda, como um perfil do contexto dos estudantes, idade, distribuição de gênero e contexto da coleta de dados. Entretanto observa-se notoriamente que, grande parte dos estudantes não considerou, a princípio, que os conhecimentos que seriam obtidos pela disciplina história da química poderiam ser utilizados em sala de aula.

O texto continua ainda descrevendo as respostas obtidas pelas demais perguntas, que investigaram quais personagens e episódios da química são mais reconhecidos pelos estudantes.

Partindo para uma análise sob a óptica da filosofia e epistemologia da história da ciência, o artigo das autoras Gondin e Machado (2013) reforça a necessidade de tomar a abordagem histórica como fundamento para a formação docente. O texto realiza um breve apanhado sobre a história da ciência e relaciona a sua trajetória com a da filosofia que, por sua vez, foi sofrendo influências diferentes ao longo do tempo.

As autoras expõem também a mudança de pensamento quanto ao dogmatismo do conhecimento científico. De acordo com as autoras a influência de filósofos como Popper, que se opunha ao método indutivista, foi ajudando o conhecimento científico a ser considerado cada vez mais como um conjunto de modelos provisórios de compreensão do mundo. Entre os autores citados pelo artigo está também Kuhn (2009) como pensador que contribuiu para solidificar essa concepção.

As autoras partem do princípio de epistemologia enquanto teoria do conhecimento, como a área da filosofia que estuda a natureza, fonte e validade do conhecimento.

Visão que é reafirmada por Bachelard (1996) que, a partir dessa visão, justifica a importância de se conhecer a epistemologia da ciência e, por conseguinte, sua historiografia. Utilizando-se desse embasamento, as autoras discorrem sobre o panorama da história da ciência:

[...] podemos perceber que a História da Ciência, ao longo dos anos, tem se tornado um agrupamento de fatos, teorias e métodos que constituem a técnica e o conhecimento científico. Dessa forma, entendemos que o ensino de Ciências deva transcender a visão linear, distorcida e comum que prevaleceu ao longo dos anos, e que ainda se sobressai no processo de ensino e aprendizagem em algumas escolas (GONDIN e MACHADO, 2013, p.8).

O artigo continua discutindo sobre a visão deformada da história da ciência que resulta em uma abordagem descontextualizada de episódios históricos, uma concepção individualista inferindo que o conhecimento científico é produzido por alguns personagens "especiais" da ciência, uma visão rígida e dogmática sem falhas e também uma visão acumulativa e linear do conhecimento desconsiderando divergências e embates ao longo do tempo.

As autoras também expõem indícios que apontam que, por muito tempo, a lógica do ensino de ciências, em particular o ensino de química, claramente era voltada para atender às necessidades do mercado de trabalho, de criação de mão de obra. Esforços conjuntos, e gradativos, foram se somando com o objetivo de modificar lentamente a forma de pensar no ensino de ciências, entretanto, de acordo com as autoras, essa herança pode ser considerada um dos motivos que justificam a dificuldade de se mudar a forma de ensinar química.

A conclusão do artigo é que, para romper com essa concepção pragmática de ensino de ciências, é preciso fornecer na formação do professor artifícios para que seja conhecido por ele a epistemologia, filosofia e história do conhecimento que ele, posteriormente, ensinará.

Para fundamentar esse argumento as autoras desenvolveram uma pesquisa, a partir de uma formação continuada, com professores de ciências do nono ano de escolas de Campo Grande/MS. A carência de uma visão mais geral e contextualizada da história da ciência faz com que, em muitas vezes, o professor não consiga perceber relações óbvias entre as áreas de conhecimento científico, o que na opinião das autoras, aponta uma lacuna na formação inicial, de acordo com elas:

Gostaríamos de destacar que o professor de Ciências de Campo Grande, na maioria das vezes, não percebe que desde os anos anteriores vem abordando o ensino de Química. Um exemplo disso é quando trabalha no 6º ano o conceito de fotossíntese ou no 8º ano, o conteúdo do processo digestório. Mas, o que faz o professor não relacionar o assunto ao ensino químico, no ano em que o tema é trabalhado? Cremos que o motivo seja acreditar que o aluno só esteja preparado para compreender o assunto no 9º ano. Portanto, a abordagem sobre os conceitos é feita de maneira superficial nos anos anteriores, sem fazer relação com o ensino de Química (GONDIN e MACHADO, 2013, p.14).

O texto continua explicitando outros fatores que contribuem para reforçar essa abordagem superficial e desconexa da ciência e, mais uma vez, esbarra na formação docente. De acordo com as autoras a maior parte dos professores que ministram a disciplina de química no nono ano possui formação de ciências biológicas e, pelo fato de apresentar uma formação que não lhes confere uma base específica em química, optam pela utilização fiel do livro didático e, por consequência, se limitam a reproduzir suas concepções, recortes históricos geralmente descontextualizados em partes pontuais do conteúdo. Continuando com as análises, o artigo também considera que a mesma dificuldade acontece na disciplina de física. Por fim as autoras concluem seu artigo relacionando sua fundamentação teórica, que reforça a importância de conhecer a epistemologia do conhecimento científico, com as possíveis contribuições da inserção da história da ciência na formação dos professores.

O outro artigo, de Marques (2015), traz reflexões sobre o papel da história da ciência na formação do professor. Após realizar um breve apanhado histórico, o artigo dispõe sobre as diretrizes curriculares para o curso de química e avalia que o material apresenta orientações que estão de acordo com a inserção da história da ciência na formação docente. O mesmo vale para as orientações gerais (PCN+) da área de ciências da natureza.

A partir disso o autor constata que, mesmo estando presente nas orientações curriculares, essa abordagem histórica não é praticada de forma ampla no ensino de ciências. A causa que o autor cita como mais provável é que o professor não o faz por não saber como fazer, dificuldade essa mais uma vez atribuída à formação docente ineficaz nesse aspecto. Ele cita (MALDANER, 2003) dizendo que os professores não correspondem às abordagens sugeridas nas orientações, primeiro porque não conhecem esses assuntos, pois não lhes foram ensinados e não fizeram parte de sua formação escolar e acadêmica; segundo porque não fazem parte de

suas crenças.

Para reforçar sua posição em relação aos conhecimentos docentes sobre a história da ciência, o autor cita o trabalho (LEME e PORTO, 2007). Nesse trabalho os autores relatam a identificação de diversas limitações, em relação aos conhecimentos de história da ciência, apresentadas por professores. Entre elas a visão distorcida em relação ao papel da história da ciência; conhecimentos limitados sobre eventos históricos; visão inadequada sobre o caráter do conhecimento científico; visão distorcida em relação à alquimia e sua relação com a química; a história da ciência desconsiderada como importante ferramenta para a melhoria do ensino; desconhecimento de fontes adequadas de informação a respeito da história da ciência (LEME e PORTO, 2007, p.80).

O texto segue discutindo sobre os pilares que sustentam a abordagem histórica da ciência, e apresenta a proposta adaptada de (GARRISON et al., 1999), que inicialmente foi readaptada por Duarte (2004). A proposta consiste em um mapa conceitual, mostrado na figura 1:

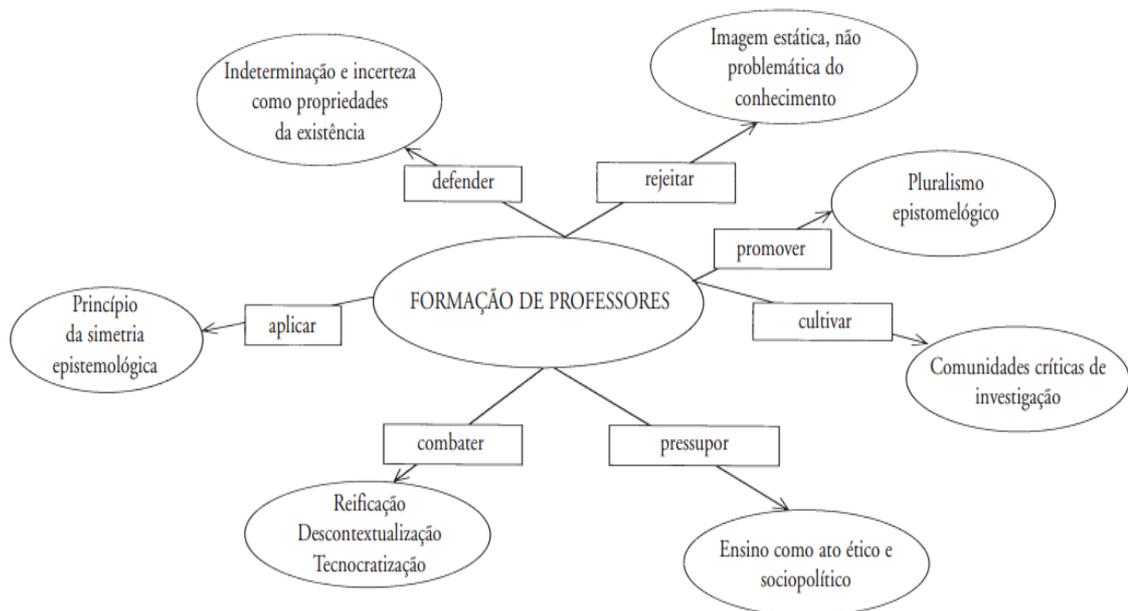


Figura 1: Elementos envolvidos na formação de professores. Fonte: (DUARTE, 2004, p. 325.), disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/ciedu/v10n3/02.pdf>

O mapa conceitual apresentado sintetiza, em boa medida, as bases norteadoras que propiciam a formação de um professor com consciência crítica sobre o mundo, sua prática e sua relação com o conhecimento. No que diz respeito à defesa da indeterminação e incerteza enquanto propriedades da existência, a história da

ciência possui um papel central. Através da abordagem ampla da análise de teorias que já foram válidas e, através de um processo histórico e cultural, foram sendo remodeladas, e fica evidente para o licenciando o caráter provisório do conhecimento científico. Provisoriedade tal que acompanha de forma intrínseca nossas ações enquanto seres temporais nesse mundo.

De uma forma mais ampla, e implícita, o artigo, e todos os textos abordados até aqui que defendem essa forma de pensar, propõem um distanciamento do docente em relação ao seu objeto de estudo, uma reflexão ao que é externo ao conhecimento específico. Deixar o lugar de entendedor e se colocar no lugar de quem está em busca do saber, fomentar a curiosidade epistemológica, compreender que fazemos parte de uma dinâmica temporal particular que, como tantas outras, terá seu ciclo cessado e dará lugar a novos paradigmas.

O autor finaliza sugerindo que considera importante a presença de professores com formação específica em história da ciência nos cursos de licenciatura, com a finalidade de, juntamente com conteúdos específicos, contribuir para fornecer os elementos essenciais listados na figura 1 para a formação de um professor com melhores condições de atuar em sua área.

Outro artigo dessa categoria, (KAVALEK, et. al., 2015), expõe inicialmente a importância do diálogo entre a filosofia, história e o conhecimento científico, alegando que os dois primeiros atribuem significado ao terceiro, o que contribui para evitar a repetição mecânica de conceitos e algoritmos sem uma compreensão mais profunda.

De acordo com os autores muitas pesquisas têm sido feitas nos últimos anos e comprovam que os alunos têm, muitas vezes, ideias que não evidenciam a realidade dos conceitos químicos fundamentais (ECHEVERRÍA, 1996). Existe, sobretudo, a necessidade de melhorar o ensino de química através da formação dos professores, pois se percebe que há problemas na “aprendizagem dos docentes”, imprecisões, que geram consequências na aprendizagem dos discentes, o que também está de acordo com Kind (2004).

A partir desse ponto destaca-se a necessidade de inserir a discussão filosófica e histórica na formação do professor, com a finalidade de subsidiar uma visão mais geral dos conceitos científicos. Os autores citam outros trabalhos que corroboram com essa visão como, (SCERRI, 2003); (SCHUMMER, 2006); (BAIR, 2011);

(BRAKEL, 2000); (BENSAUDE-VICENT e STENGERS, 1992) e (SCERRI e MCINTYRE, 1997).

Na mesma linha de discussão de filosofia e história da ciência, o último trabalho desse grupo, dos autores Hidalgo e Lorencini (2016) concordam com trabalho anteriormente mencionado (KAVALEK. et. al., 2015). Citando (MARINS, 2005) o artigo chama a atenção para o fato de que o campo de estudo da história da ciência proporciona duas perspectivas; internalista, que está relacionada aos fatos e eventos ligados às teorias em si e o externalista que, por sua vez, se relaciona com os aspectos exteriores como contexto político, social e econômico, esse era o posicionamento do artigo na época.

Utilizando-se dessa classificação o artigo sugere que a filosofia, enquanto norteadora da busca por conhecimento e também como norteadora da forma de pensar, se entranha no conhecimento científico sob esses dois aspectos mencionados, produzindo assim, um grande impacto na forma da produção do conhecimento científico.

Como consequência lógica dessa linha de raciocínio o trabalho considera de extrema a importância a inclusão dos aspectos filosóficos na formação do professor de ciências, especialmente para contribuir com o rompimento da linearidade que é atribuída aos eventos que conseqüentemente levam a avanços no conhecimento. Ainda sobre a consideração da interação entre os conhecimentos, os autores destacam que:

Apresentados frequentemente como sendo indivíduos atemporais, ou seja, que suas ideias mantêm-se tal qual foram apresentadas originalmente, é comum depararmo-nos com compreensões apressadas acerca de suas teorias em que se negligenciam as constantes refutações às suas ideias ocorridas desde suas publicações. No caso de Darwin, por exemplo, a publicação de “A Origem das Espécies” é vista como uma obra intocável em muitos ambientes de divulgação científica e, desta forma, ignora-se o fato de que esta obra encontra-se lado a lado com a definição e proposição da seleção natural como um dos aspectos que direcionam o processo evolutivo, teorias como a do uso e desuso e herança de caracteres adquiridos, frequentemente atribuídos somente à obra de Lamarck (HIDALGO e LORENCINI, 2016, p.21).

Reforçado esse aspecto chegamos à discussão sobre a natureza da ciência, e da história da ciência, como sendo meios de propiciar ferramentas para que o licenciando supere a visão reducionista do saber científico. Essa visão encontra suporte em vários outros autores (AULER e DELIZOICOV, 2001); (SASSERON e

CARVALHO, 2011), (CACHAPUZ, et. al., 2005) e (MATTEWS, 1995). E, mais uma vez, a sugestão mais contundente sobre como viabilizar essa inserção é por meio da formação inicial do professor de ciências.

HC3: Propostas práticas de aplicação da HC

A terceira categoria, também a priori, conta com seis artigos, em ordem cronológica; (RODRIGUES, 2010); (SANTIN, TSUKADA e CEDRAN, 2010); (PULIDO e SILVA, 2011); (BELTRAN, RODRIGUES e ORTIZ, 2011); (SILVA e SANTIAGO, 2012) e (MARTORANO, CARMO e MARCONDES, 2014). O ponto de convergência entre esses trabalhos reside no fato de que eles trazem consigo propostas, ou relatos de propostas, no sentido de trabalhar com abordagem da história da ciência em sala de aula.

O primeiro texto, (RODRIGUES, 2010), trata de um relato de experiência, e começa reafirmando a presença de uma visão da história da ciência extremamente simplificada e distorcida nos livros didáticos utilizados pela turma participante da pesquisa. Sobre isso a autora cita;

No pouco espaço dado à História da Ciência, é comum encontrarmos citações como as que colocam Mendel como o “pai” da genética; que Pasteur, com seus experimentos, derrubou de vez a teoria da geração espontânea; a teoria de evolução de Lamarck é errada e que foi corrigida por Darwin; entre outras afirmações que levam o aluno a ter uma visão simplista da ciência, como um conhecimento construído por poucos e raros gênios, livre de erros e imutável (RODRIGUES, 2010, p.89).

A autora ainda expõe outros exemplos para ilustrar seu ponto de vista, que seguem a linha do exposto na citação anterior. Posteriormente o artigo descreve um relato de experiência, com alunos do segundo ano do ensino médio, cujo tema central era a classificação das espécies.

Em seguida o texto faz uma revisão histórica sobre os principais eventos e personagens históricos que, com o passar do tempo, contribuíram para estabelecer o método de classificação em vigor hoje. O trabalho ainda conclui ponderando sobre os benefícios da utilização da perspectiva histórica para o ensino de ciências.

A mesma temática é abordada pelo segundo texto dessa categoria (SANTIN, TSUKADA e CEDRAN, 2010). Nele os autores discutem sobre o indutivismo ingênuo e sobre a característica a-social e a-histórica, conferidas à ciência por boa parte dos docentes. A partir dessa problemática o trabalho tinha como principal objetivo identificar a presença dessas representações em estudantes de licenciatura em química.

Partindo da hipótese de que a prática utilizada pelo professor seria no sentido de reafirmar essa visão, os autores acompanharam uma disciplina experimental de química do período inicial dos licenciandos. O experimento citado no trabalho, que foi alvo de análise, foi o experimento que envolvia a combustão de uma vela. De acordo com os autores (SANTIN, TSUKADA e CEDRAN, 2010, p.57) o experimento consiste, basicamente, em "determinar o percentual de oxigênio contido no ar". O método para realizar o experimento é posicionar uma vela acesa num recipiente com água e então cobrir a vela com outro recipiente. Enquanto a vela queima oxigênio a pressão diminui dentro do recipiente que encobre a vela, por consequência, o nível da água aumenta em seu interior, ocupando o volume que, teoricamente, era ocupado pelo oxigênio.

De acordo com os autores os passos sugeridos pelo "método científico", para esse exemplo, são superficiais e não dão conta de abordar a complexidade do fenômeno. O algoritmo procedimental, tomado como o único caminho possível para obtenção dos resultados, fornece um resultado aproximado, desconsiderando diversos fatores como; a quantidade de gás carbônico não dissolvida pela água, ainda presente na mistura gasosa interna; a quantidade de oxigênio não consumida durante o processo de combustão; e o fato de que como não se trata de uma combustão completa se produz também monóxido de carbono.

Os autores analisaram os relatórios dos alunos, com a finalidade de encontrar elementos textuais que mostrassem se a hipótese do trabalho foi, ou não, verificada. Os 10 relatórios foram divididos em dois grupos, o grupo 1 formado pelos alunos que reproduzem fielmente o raciocínio indutivista reforçado em sala, e o grupo 2 que, após a análise dos autores, foi formado por alunos que se mostraram desorientados, no sentido de não reconhecerem aquele método como o método infalível, ainda de acordo com os autores os alunos desse segundo grupo;

[...] são mais propícios a fazerem mais considerações e indagações, que vão além do que foi descrito na aula, entretanto apresentam em alguma medida o pensamento indutivista (SANTIN, TSUKADA e CEDRAN, 2010, p.59).

Os autores continuam o texto analisando os resultados, de forma muito interessante, exemplificando através de transcrições dos alunos de cada item do relatório. Como exemplos estão algumas transcrições retiradas do item "objetivos" dos relatórios dos alunos do grupo 1 (SANTIN, TSUKADA e CEDRAN, 2010, p.59):

R1: Utilizar uma vela para desenvolver um método científico a respeito de seu funcionamento.

R2: Desenvolver um método científico através da observação de uma vela.

Ambos alunos, assim como os três demais do grupo, entenderam que o objetivo não era compreender o fenômeno de combustão da vela, mas sim confirmar que o método científico funciona. Já as duas transcrições a seguir são do grupo 2;

R5: [...] o principal objetivo era ver o processo de combustão [...] depois de acender a vela [...]. O experimento não atingiu o objetivo já que só se consome o oxigênio perto da chama não o de toda proveta que era o objetivo inicial.

R7: Medir o teor de oxigênio no ar atmosférico.

Observando o teor das respostas dos alunos que escreveram o relatório 5 e o relatório 7, podemos perceber a menor ênfase ao método científico, acompanhado de indícios que apontam para a conclusão de que, para eles, o método em si, bem como os passos sugeridos não são a prioridade, mas sim o fenômeno observado.

Os autores analisam também, em outras seções, a presença conclusões apresentadas pelos alunos que são inconsistentes com a observação. Muitas delas advindas do senso comum, mas transcritas com forçosa erudição, demonstram a preocupação dos alunos em soarem como cientistas, partindo do pressuposto de

que seria por meio da linguagem rebuscada que o conhecimento poderia ser validado.

Após a análise de mais dados, à luz dos teóricos citados pelos autores, o artigo termina concluindo que, para esse exemplo especificamente, a formação docente continua reafirmando o indutivismo de Francis Bacon. Dessa forma ignora a experimentação problematizada e também a construção histórica do conhecimento científico. Ainda de acordo com os autores esse modelo de aula estaria fora dos padrões das demandas atuais, que buscam incentivar no professor o papel investigativo e fornecer aos docentes habilidades de pesquisadores e de pensamentos críticos sobre o que ensinam.

Outro artigo desse grupo, dos autores Pulido e Silva (2011), aponta também, para a necessidade do diálogo entre o conhecimento científico e a história da ciência. Os autores reconhecem que a implementação desse diálogo esbarra em diversas questões de ordem prática, entre elas a dificuldade de se encontrar textos históricos de boa qualidade. De acordo com os autores em grande parte das vezes os livros contêm apenas fragmentos isolados e, algumas vezes, com sérias imprecisões.

Nesse artigo os autores descrevem um estudo realizado com uma turma de primeiro ano do ensino médio, com 35 alunos, de uma escola particular do estado de São Paulo. O tema central trabalhado com os alunos foi a história do conceito do "calórico" e "calor", o texto escolhido para ser utilizado foi uma obra³ que, de acordo com os autores, apresenta uma abordagem histórica adequada desses conceitos. A escolha teórica para fundamentar a análise dos dados se baseou na teoria de Bachelard (1996) sobre a criação de obstáculos epistemológicos para que, por meio deles, os conflitos cognitivos gerados intencionalmente nos alunos possam favorecer a reconstrução de suas representações conceituais.

O desenvolvimento metodológico do artigo consistiu numa sequência didática com três momentos, os quais os autores chamaram de ambientação, experimento e reelaboração de conceitos. A ambientação consistiu na apresentação de alguns conceitos essenciais envolvidos indiretamente com a parte posterior da sequência didática, ao mesmo tempo em que os autores coletavam as ideias prévias dos

³ Jane H. Marcet, *Conversations on chemistry: in which the elements of that science are familiarly explained and illustrated by experiments* Vol. I - On simple bodies (London: Longman, Hurst, Rees, Orme and Brown, Parternoster-Row, 1817).

alunos em relação ao tema. O experimento escolhido foi a observação do tempo de fusão do gelo em diferentes superfícies.

A ideia central do experimento era desenvolver nos alunos o conflito cognitivo, que está relacionado com a sensação de que um material é mais frio que outro. Historicamente a sensação de frio que se tem quando tocamos num pedaço de alumínio, em relação à madeira, por exemplo, foi explicada de várias formas distintas e, ao longo do tempo, os modelos para explicar esse fenômeno foram se adaptando de acordo com as necessidades de se explicar outros fenômenos associados que não apresentariam concordância com a explicação atual.

Os autores supunham que, através do senso comum, os alunos iriam deduzir que colocando gelo sobre um material mais "frio", como o alumínio, o tempo de fusão seria superior em relação ao mesmo experimento feito sobre a madeira. A partir da observação do contrário do que era esperado, os alunos se encontraram em um conflito cognitivo, que foi resolvido na terceira parte da sequência didática, na re-elaboração dos conceitos.

O que foi feito pelos autores consistiu, na realidade, em uma negociação de significados. Uma vez que foram expostos alguns conceitos aos alunos, eles tentaram encontrar elementos pra explicar o fenômeno dentro do que lhes havia sido apresentado. Os alunos foram divididos em grupos e tiveram a tarefa de elaborar uma explicação para o fenômeno, a maioria deles fez uso de conceitos apresentados no texto para subsidiarem seus próprios modelos e, através da discussão dos resultados dos grupos, os autores fizeram com que os alunos remodelassem suas ideias prévias, compreendendo a razão pela qual a explicação do senso comum não era suficiente para compreender satisfatoriamente o fenômeno.

Em outro artigo dessa categoria os autores Beltran, Rodrigues e Ortiz (2011) trazem uma proposta de utilização da história da ciência em sala de aula. O artigo se refere à utilização de diversas fontes de informação, como livros e filmes, para construir nos alunos uma visão global sobre as relações entre as teorias evolucionistas da história.

Após um breve histórico, sobre o ensino das teorias evolucionistas, os autores sugerem uma série de obras e procedimentos pedagógicos com a finalidade de, através de uma abordagem histórica, fazer com que o aluno supere as

representações simplistas sobre as relações entre, por exemplo, as teorias de Darwin e Lamarck. De acordo com os autores, a tendência de uma grande parte dos livros didáticos, é sugerir que Lamarck criou uma teoria errada, posteriormente corrigida pela teoria certa de Darwin.

Para ajudar a compreender de forma ampla a relação entre as teorias os autores sugerem um trabalho integrado, com a utilização do filme Criação (Título original *Creation*), associado a alguns textos mais completos sobre o assunto. O objetivo da sugestão é fomentar a discussão, utilizando os fatos sociais, históricos e políticos, citados no filme e nos textos para fornecer elementos que permitam que o aluno realmente compreenda que, o processo de construção de um conhecimento científico, passa por caminhos mais complexos do que apenas conclusões milagrosas de uma observação. E principalmente, a sugestão de proposta tende a enfatizar a influência do contexto social na formulação do conhecimento científico.

No penúltimo artigo dessa categoria os autores Silva e Santiago (2012) apresentam uma pesquisa realizada com alunos de ensino médio, por meio da abordagem da história da ciência e com o emprego de um software para simular um experimento de pH⁴. Como justificativa os autores citam a mecanização e a descontextualização do ensino de química, e os perigos dessa prática, já abordados por (REIS, SILVA e BUZA, 2012); (MARTORANO e MARCONDES, 2012) e (MANGILI, 2012). A escolha da utilização do software, em detrimento da experimentação em laboratório, é justificada pela notória falta de laboratórios bem equipados em grande parte das escolas públicas brasileiras.

O texto reafirma a concordância entre as orientações contidas nos PCN+ e a abordagem histórica da ciência, demonstrando a convergência de objetivos no que diz respeito ao desenvolvimento de habilidades de análise crítica dos alunos. O artigo também traz um apanhado histórico sobre o conhecimento dos ácidos, que remonta o Egito antigo, citando indícios que apontam que já se dominava a técnica para a obtenção de o amoníaco, conforme descrito no papiro de Ebers. Uma grande linha do tempo foi feita pelos autores no sentido de trazer diversos contextos históricos envolvidos com o conhecimento sobre os ácidos, como podemos ver;

⁴ A sigla pH é utilizada para representar o potencial hidrogênico presente em uma determinada solução ou mistura. Esse potencial refere-se à quantidade (concentração molar ou molaridade) de cátions hidrônio presentes no meio e indica se esse meio, ou mistura é ácido, básico ou neutro. <https://brasilecola.uol.com.br/quimica/conceito-ph.htm>

Na mitologia egípcia, o deus Thot era o criador do vinho e eles dominavam a fermentação alcoólica e a acética, produzindo álcool e vinagre. Mas, originalmente, o nosso conceito de ácido veio dos gregos, relacionado ao sabor. O termo ácido se originou da palavra grega oxein, que deu origem ao verbo latino acere, que significa azedo, daí o nome ácido acético. O termo alcalino se origina da palavra árabe al qaly, que significa cinza de plantas; o potássio era obtido a partir das cinzas, mas também existiam outras fontes naturais para a obtenção de álcalis. Plínio o velho (século I D.C) menciona a caustificação da soda que é a reação entre o carbonato de sódio natural (soda ou barrilha) e a cal (hidróxido de cálcio), em solução aquosa, precipitando carbonato de cálcio e ficando uma solução de hidróxido de sódio. (SILVA e SANTIAGO, p.53. apud JOU, 1951).

O artigo prossegue o levantamento histórico citando nomes como Abu Musa Jabir ibn Hayyan e Geber (pseudônimo) que, ao longo da história, ficaram conhecidos pela habilidade de conseguir obter soluções ácidas. Ainda cita também alguns trabalhos de fonte primária do século XVIII.

A metodologia do trabalho consistiu em abordar o contexto histórico sobre os ácidos e, nas aulas seguintes, os alunos foram levados a uma sala de informática para utilizar um software⁵ de simulação de escala de pH. Os principais objetivos da experiência eram consolidar os conceitos abordados em sala, para tanto os alunos deveriam ser capazes, por exemplo, de identificar se uma solução é ácida ou básica, classificar os ácidos e bases por ordem de acidez e determinar a concentração de (OH). O radical OH é chamado de hidroxila, é um grupo funcional encontrado nos hidróxidos, formado por um átomo de Oxigênio e um átomo de Hidrogênio.

O artigo concluiu que houve grande êxito no que diz respeito ao interesse, participação e aprendizado por parte dos alunos, que demonstraram curiosidade para compreender melhor as mudanças que ocorriam no software de simulação quando adicionavam uma ou outra substância. Os autores avaliaram que um grande ganho com o uso dessa estratégia foi a possibilidade de ocorrer a visualização, mesmo que simulada, das soluções e dos produtos das misturas. De acordo com os autores o software consolidou os conceitos, que foram construídos em sala com a abordagem histórica, por fornecer elementos visuais mesmo em experimentos microscópicos.

O último trabalho dessa unidade teórica, dos autores Martorano, Carmo e Marcondes (2014), apresenta uma reflexão aprofundada sobre o ensino dos

⁵ Applet de pH: <https://phet.colorado.edu/en/simulation/legacy/ph-scale>

conceitos de cinética química, e a negligência que é comum ao seu histórico. O objetivo do trabalho é sugerir uma proposta de abordagem desse tema com licenciandos de química.

As autoras discorrem sobre a importância da aprendizagem de cinética química e estabelecem algumas formas de compreender os conceitos fundamentais da área. De acordo com Donnely e Leach (2005) a velocidade de uma reação química é um evento observável e real, entretanto é explicado através da compreensão do modelo de uma partícula, e é representado por um modelo matemático pelo qual conseguimos explicar variações e prever resultados.

De acordo com as autoras não é uma prática comum unir esses três aspectos durante a construção desses conceitos com os alunos, de certa forma existe sempre uma preferência sob algum dos aspectos, fazendo com que o aluno não perceba a real dimensão do fenômeno e se atenha, por exemplo, ao aspecto da modelagem matemática.

Com objetivo de contribuir para que isso não ocorra, as autoras escrevem um apanhado histórico detalhado sobre a evolução do conceito de cinética química que apresenta conceitos chave, que ajudariam a compreensão do fenômeno. O texto finaliza, como outros citados aqui, concluindo a importância da inclusão da dimensão histórica na formação inicial do professor de ciências, em particular, de química.

HC4: Políticas educacionais, currículo e HC

Essa unidade teórica, a posteriori, apresenta dois artigos (LONDERO, 2015) e (SICCA, 2015), ambos possuem enfoque na inclusão do aspecto histórico da ciência na formação docente, entretanto sob a perspectiva do currículo e políticas públicas. Vale ressaltar que, por currículo, estamos nos referindo não apenas aos agrupamentos de conhecimentos específicos que devem ser estudados num curso, mas a toda estrutura que está envolvida com a formação do professor, de uma forma mais ampla.

A discussão apresentada por Londero (2015) inicia-se com a justificativa da defesa da inclusão da história e filosofia da ciência na formação do professor, para tanto o

autor cita alguns trabalhos (LEWIS, 1976); (MARINS, 2006); (CARVALHO e VANNUCCHI, 2000) para fundamentar essa justificativa.

O principal objetivo da pesquisa, qualitativa, realizada pelo autor, consistia em compreender de que forma a história e filosofia da ciência estavam presentes na estrutura curricular dos cursos de licenciatura em física do estado de Minas Gerais. O autor realizou então um levantamento e constatou que, na época, haviam 23 instituições de ensino superior que ofereciam o curso de licenciatura no estado, sendo que dessas, 15 eram públicas e 08 privadas. Dessas 23 instituições foram encontrados 32 cursos, porque o autor considerou cursos EAD e presenciais como sendo distintos. De acordo com Londero (2015) desse total de cursos, foram encontrados 24 cursos que apresentam, ao longo de sua grade curricular, disciplinas obrigatórias relacionadas à história ou filosofia da ciência.

O autor realizou também uma análise sobre o momento, na grade organização curricular, no qual a disciplina é inserida. Ele chegou à conclusão de que não existe um consenso, um acordo claro, em relação aos possíveis pré-requisitos que o aluno deve ter para cursar a disciplina. Em alguns cursos a matéria aparece logo no primeiro período, quando o aluno ainda não estudou o ciclo básico, em outros a disciplina aparece durante o ciclo básico, até o quinto período, e, outros ainda trazem as disciplinas nos períodos finais do curso.

Ao realizar uma análise sobre a distribuição da carga horária da disciplina chegou-se à conclusão que aproximadamente 40% dos cursos destinam menos que 60 horas à disciplina, tempo que o autor considera insuficiente para o tratamento adequado da temática. Finalmente é realizada uma análise sobre as ementas dos cursos e, após análise textual do material coletado, o autor considera que em diversas ocasiões a ementa deixa claro que o curso não se destina ao estudo aprofundado da natureza, filosofia e história da ciência, mas sim a estudos de eventos históricos isolados.

O artigo finaliza chamando a atenção para o fato de que existe uma grande discrepância entre vários aspectos curriculares no que diz respeito à história da ciência no curso de física. Essa discrepância, por sua vez, não é apresentada quando se trata, por exemplo, do núcleo de disciplinas básicas do mesmo curso, dessa forma é seguro assumir que não há indícios de que as instituições, de maneira geral, tenham a devida preocupação com a inserção dos aspectos históricos da física na grade curricular dos licenciandos. De acordo com o autor, o

mais provável é que essa lógica apresente uma tendência a ser reproduzida pelo professor que é formado nessas instituições, uma vez que ele não obteve formação inicial adequada.

O outro artigo, (SICCA, 2015), analisa os principais fatores que influenciaram a forma com que a história da ciência, em particular da química, é incluída nas políticas curriculares. Para tanto a autora começa sua análise partindo de importantes reformas curriculares ao longo da história, começando pelas reformas ocorridas por volta de 1930, fazendo referência à reforma Francisco Campos, já citada anteriormente por Marques (2015). A autora chama a atenção para o fato de que o contexto social influencia diretamente na organização curricular, citando a expansão tecnológica e sua influência no sentido de tornar o ensino de química mais pragmático e metodológico.

A autora cita ainda, no campo das políticas públicas para a educação, a Reforma Capanema (Decreto-Lei 4244 de 09 de abril de 1942) que organizou o ensino secundário de acordo com ginásio (04 anos) e colégio (03 anos). Nessa reforma foi dada uma maior ênfase às ciências naturais, especificamente com o curso denominado "científico". Posteriormente é mencionada a Portaria nº966/1951 que dispõe sobre a inclusão da "*[...] evolução histórica das descobertas e dos conceitos mais notáveis da Química, a obra dos grandes vultos que contribuíram nesse domínio [...]*".

A autora segue narrando que, em 1961, com a promulgação da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, foi conferido ao professor uma maior autonomia no que diz respeito ao currículo, ao mesmo tempo em que o acordo MEC-USAID trouxe inovações no ensino de ciências. Entretanto ao analisar as propostas curriculares no período compreendido entre 1960 e 1980, a autora constata que não existe menção às abordagens sobre a história da ciência. Inclusive foi encontrado num material didático *CHEM STUDY*, na versão do professor, uma menção de que seria "inadequado abordar conceitos que obscureceram o conhecimento no passado", e uma orientação específica para eliminar a abordagem da cronologia do desenvolvimento do modelo atômico.

Só posteriormente, com a Proposta Curricular para o ensino de Química do Estado de São Paulo, a autora começa a identificar a inserção de tópicos de história da ciência com maior frequência no currículo. A partir desse período, somado aos

grupos de estudiosos da história da ciência e das influências externas, os currículos prescritos começaram a apresentar o tema com maior destaque. A autora considera que esses avanços são lentos e que influenciaram durante muito tempo, a prática de docentes que reproduzem os conteúdos mecanicamente sem uma maior reflexão crítica.

HC5: Episódios de HC e formação docente

Essa Unidade Teórica, *a priori*, apresentou apenas um artigo (VIDAL e PORTO, 2011) que traz uma proposta de utilização de um Episódio Histórico, sobre a síntese da uréia, para ensinar conceitos fundamentais da química. Embora o artigo seja referente a uma proposta de trabalho de sala de aula, ele não está categorizado em HC3 devido ao fato de que ele trata, especificamente, sobre o estudo de um episódio histórico, que compunha uma unidade teórica *a priori*.

Os autores iniciam o texto comentando a necessidade de implementar estratégias práticas, no sentido de conseguirmos realmente estabelecer o significado histórico aos conceitos científicos abordados em sala. Antes de apresentar sua proposta, os autores analisaram seis livros didáticos, recomendados no Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio (PNLEM 2007), no que diz respeito à abordagem destinada ao episódio histórico a ser estudado. Eles transcrevem as passagens dos livros e, após uma análise, chegam à determinada conclusão;

[...] existe unanimidade na afirmação de que a síntese da uréia, realizada por Friedrich Wöhler (1800-1882) em 1828, contribuiu para o descrédito em relação à “teoria da força vital” (ou vitalismo, como preferem alguns estudiosos), defendida por cientistas da época. O segundo consenso diz respeito a considerar como não problemática, na época de Wöhler, a classificação do cianato de amônio como uma substância inorgânica. O terceiro consenso, implícito como o segundo, é considerar, também de maneira não problemática, a questão da distinção entre compostos químicos orgânicos e inorgânicos (VIDAL e PORTO, 2011).

Posteriormente os autores citam diversos trechos de trabalhos de historiadores da ciência que contradizem a interpretação sugerida pelos livros didáticos. Após concluir que o material fornecido pelos livros didáticos é insuficiente e impreciso, os autores elaboram sua proposta de estudo de episódio histórico como alternativa à abordagem da síntese da uréia. Após estruturarem sua proposta os autores, que se

basearam em uma fonte primária (WOHLER, 1900), concluem sobre a necessidade de oferecer maior atenção à inserção da história da ciência no ensino.

HC6: Outros

Essa categoria é a segunda categoria emergente, *a posteriori*, e foi classificada dessa forma pelo fato de que os artigos (TRENTIN, 2011); (COSTA, 2011); (MOTA e CLEOPHAS, 2015) e (OTERO, 2015) apresentam elementos relevantes à inserção da história da ciência na formação dos professores, entretanto distintos das categorias já abordadas nesse trabalho.

O primeiro artigo (TRENTIN, 2011) faz referência à semelhança entre o papel da história da ciência e da história da matemática para a formação docente. O texto começa fazendo uma análise sobre o tipo de conteúdo de história da matemática encontrado nos livros didáticos utilizados nas escolas de ensino básico do estado de São Paulo.

Ao transcrever alguns trechos retirados de livros didáticos, o autor identifica a tentativa de linearizar a história. Além disso, ele observa uma tendência de simplificar o desenvolvimento de determinados conhecimentos, atribuindo o mérito a alguns personagens específicos durante a história. O autor traz também uma discussão importante no que se refere à relação dialética entre o desenvolvimento da matemática e da ciência. Nesse ponto é reafirmado que, os eventos que envolvem o desenvolvimento de cada uma das áreas está, em grande parte das vezes, relacionado às outras.

Outro artigo da categoria, (COSTA, 2011) trata de um tema muito específico, a recursividade, e especifica como o estudo da história da ciência pode contribuir com o desenvolvimento do tema. O artigo aborda o problema da torre de Hanói, e explica o contexto histórico que fundamenta o problema.

O trabalho cita a contribuição do matemático francês François Édouard Anatole Lucas (1842-1891), que publicou uma obra abordando alguns problemas sobre recreações matemáticas. Em um dos seus trabalhos, Lucas faz uma dedução para uma generalização da solução do problema da torre de Hanói, a partir da análise do problema começando com um disco apenas, ele começa analisar para outras

quantidades de discos. Ele chega à conclusão que, para um disco, precisaria um movimento, para dois discos três movimentos, para três discos sete movimentos e, dessa forma, estabeleceu um padrão para a quantidade mínima de movimentos para resolver o problema com n discos, que é dado pela expressão $(2^n - 1)$.

Após mais algumas explicações sobre os procedimentos que envolvem a solução do problema, o artigo explica como a ferramenta da recursividade pode ser utilizada para elaborar um programa que é capaz de resolver o mesmo problema para qualquer quantidade de discos. O trabalho utiliza os conceitos históricos descritos na solução de Lucas, para então escrever as linhas do programa. O artigo chama a atenção para o fato de que a inclusão do aspecto histórico enriquece o aprendizado dos conceitos envolvidos na solução do problema.

O terceiro artigo da categoria (MOTA e CLEOPHAS, 2015) tem como objetivo principal estabelecer critérios de avaliação de livros didáticos, principalmente no que diz respeito às formas de abordagem da história da química.

Os autores iniciam seu trabalho ressaltando que a inclusão da história da ciência no ensino de ciências tem como um dos pontos fortes a função de humanizar as ciências, estudar a ciência da perspectiva de uma construção humana. Dessa forma o aluno é capaz de compreender de forma mais clara os aspectos da natureza da ciência. Os autores justificam a escolha da análise dos quatro livros sugeridos pelo PNLEM pelo fato de que a abrangência desse material é nacional e, em muitas circunstâncias, o livro didático é o principal material utilizado pelo professor em suas aulas.

Os autores citam Marconi e Lakatos (2009) como referencial para subsidiar sua escolha metodológica, e Bardin (2011) para fundamentar a análise de conteúdo. Os critérios estabelecidos para avaliação foram; quantidade de recortes históricos e enfoques analisados em relação à vida dos cientistas; caracterização dos cientistas; forma como são abordadas as descobertas científicas; quem são os descobridores da Ciência?; quem realizou os experimentos científicos?; iconografia utilizada para apresentar a história da ciência.

Os autores, a partir das análises das categorias estabelecidas a priori, descrevem o perfil de cada um dos livros analisados. Os resultados, em geral, apontam para uma

abordagem extremamente superficial, tendenciosa e simplista em relação aos eventos de história da química.

O discurso contido em todos os livros contribuiu, em certa medida, para a visão extremamente individualizada da ciência, os fatos são relatados de maneira que o aluno é levado acreditar que, até certo ponto da história não existia nenhum conhecimento (ou um conhecimento errado) sobre determinado assunto, até que uma pessoa especial descobriu o novo conhecimento.

Dentre os diversos elementos encontrados na análise para dar suporte a essa interpretação soma-se o fato de que, ao analisar outra categoria que dispunha sobre os meios de apresentação da história da ciência, foi identificado o uso exaustivo de fotos desses personagens tidos como os "pais" de determinado conhecimentos.

Já no último artigo do grupo, (OTERO, 2015) realiza um apanhado sobre a história da disciplina "análise" no curso de matemática da USP, para alunos de licenciatura em matemática, à luz dos princípios da abordagem da história da ciência e matemática. O artigo apresenta um tema peculiar que, como os demais artigos dessa seção, não se enquadra nas demais categorias, o autor buscou olhar para a evolução do ensino dessa disciplina em particular e relacionou as mudanças no decorrer do tempo com os avanços na introdução da história da ciência desde então.

A respeito da metodologia, o autor especifica que sua análise se dá principalmente nos quesitos objetivos, conteúdo e bibliografia da disciplina, pelo fato de que essas informações são confiáveis uma vez que podem ser encontradas nos ementários da disciplina ao longo dos anos. A postura de pesquisa escolhida foi a análise de documentos, pesquisa bibliográfica e qualitativa.

O autor expõe diversos documentos e elabora uma linha do tempo mostrando as mudanças nas ementas da disciplina, relacionando-as com o contexto político e social da época. Por fim o autor conclui que a formação inicial, e continuada, dos professores que ministraram essa disciplina ao longo dos anos possui um papel fundamental para determinar os caminhos da disciplina.

A revista internacional escolhida para análise foi a *Science & Education*. A pesquisa pelas palavras-chave retornou 22 resultados, são eles: (ABD-EL-KHALICK, 2013); (BLOWN e BRYCE, 2013); (BRAGA, GUERRA e REIS, 2012); (BRENNI, 2012); (CHAMIZO, 2012); (DUCHEYNE, 2012); (FORATO, MARTINS, PIETROCOLA, 2012); (GALILI, 2012); (KLASSEN, et. al. 2012); (SEKER e GUNEY, 2012); (TEIXEIRA, et. al. 2012); (HERMAN, CLOUGH, e OLSON, 2013); (SIN, 2014); (GRAY, 2014); (ALLCHIN, ANDERSEN, e NIELSEN, 2014); (RUSS, 2014); (DIJK, 2014); (IORDANOU e CONSTANTINO, 2015); (ARCHILA, 2015); (BERLAND e CRUSET, 2015); (FUSELIER, JACKSON e STOIKO, 2015) e (SCHIZAS, PSILLOS e STAMOU, 2016).

Após uma leitura do conteúdo dos artigos, os mesmos foram agrupados por assunto. A distribuição dos artigos por tema é mostrada no gráfico 3;

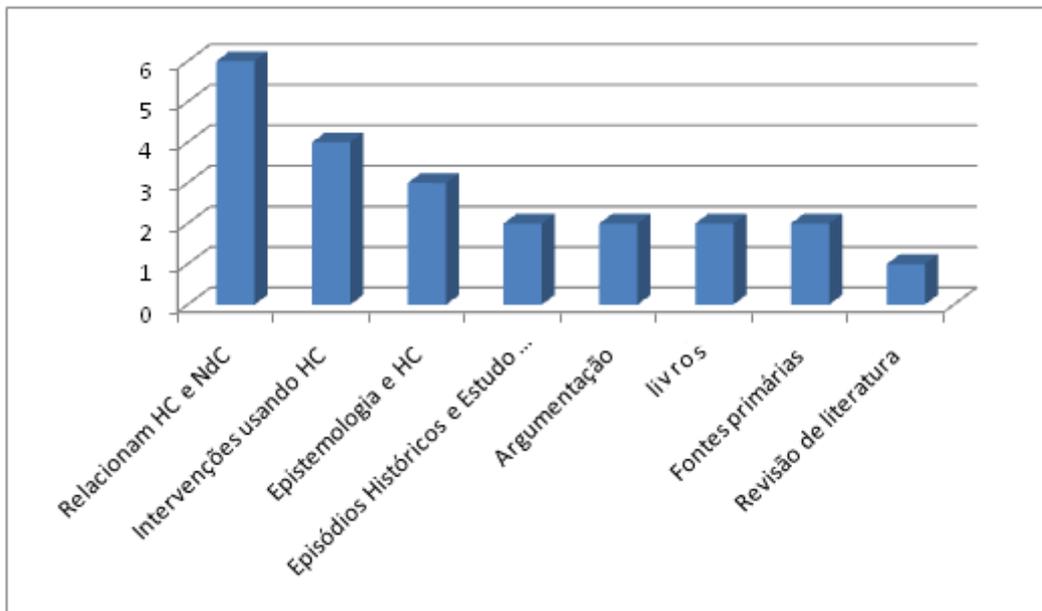


Gráfico 3: Distribuição dos artigos por tema (Science & Education)

Os artigos (SCHIZAS, PSILLOS e STAMOU, 2016). (HERMAN, CLOUGH e OLSON, 2013); (GRAY, 2014); (ABD-EL-KHALICK, 2013); (CHAMIZO, 2012); (FORATO, MARTINS e PIETROCOLA, 2012) tratam do assunto da história da ciência de maneira mais direta, entretanto o relacionam com o estudo da natureza da ciência. Durante a pesquisa na revista ficou claro que esse é um assunto recursivo e bem explorado em várias edições.

O artigo de (SCHIZAS, PSILOS e STAMOU, 2016), por exemplo, aborda de que forma o estudo da natureza da ciência pode ajudar os alunos a compreender os eventos históricos marcantes na ciência. Os autores discutem alguns casos específicos como o desenvolvimento das principais leis de Newton e a teoria evolucionista de Darwin.

Outra categoria apresenta artigos que abordam práticas e intervenções em sala de aula (SEKER e GUNEY, 2012); (KLASSEN et. al. 2012); (DIJK, 2014); (GALILI, 2012). Esses trabalhos utilizam o pressuposto da história da ciência para fundamentarem propostas de intervenção, entretanto alguns trabalhos também fazem menção às abordagens que aparecem em outras categorias, é o caso de (KLASSEN, et. al. 2012).

Outra categoria que se destacou na pesquisa trouxe os trabalhos (SIN, 2014); (RUSS, 2014); (BERLAND e CRUSET, 2015); relacionados com a epistemologia e história da ciência. O artigo de Sin (2014), por exemplo, articula as relações entre a história, filosofia e epistemologia da ciência, demonstrando a incompatibilidade entre o pensamento positivista dominante na prática da obtenção do conhecimento, na área de física, e a natureza do conhecimento que é socialmente construído.

No mesmo sentido no artigo de Russ (2014) a autora discute o conceito de epistemologia da ciência, partido da análise histórica e filosófica. A autora ainda comenta com estranheza a falta de consenso que existe dentro da área, entre os estudiosos da epistemologia da história da ciência. Entretanto ela ressalta os avanços no sentido de formalizar e consolidar a área de conhecimento, citando alguns autores como Dunbar (1995), Khun (1977), Nersessian (1992) que, de acordo com ela, tiveram papel central nesse campo de estudo.

Outra temática recorrente foi a que se utiliza de estudos de episódios históricos. Os trabalhos acerca desse tema (ALLCHIN, ANDERSEN e NIELSEN, 2014); (DUCHEYNE, 2012) demonstraram o uso específico desse tipo de abordagem para tratar da história da ciência. O trabalho dos autores Allchin, Andersen e Nielsen (2014), por exemplo, analisa os pontos positivos e negativos em relação ao aprendizado de conceitos por meio do estudo de caso. O trabalho ainda sugere formas de como integrar essa abordagem a estratégias que podem ser usadas na sala de aula.

Os artigos (IORDANOU e CONSTANTINOU, 2015), (ARCHILA, 2015), em particular, realizam uma análise sobre a técnica da argumentação associada à abordagem da história da ciência. O artigo dos autores Iordanou e Constantinou (2015) analisou um trabalho com alunos do ensino médio sobre de que forma o estudo do episódio histórico em questão, associado à prática argumentativa, influenciou o aprendizado dos alunos.

Na outra categoria aparecem dois artigos que tratam da formação docente, por meio da evolução do aparato tecnológico (BRENNI, 2012), e de análise de livros didáticos (FUSELIER, JACKSON e STOIKO, 2015) sobre aspectos específicos. Esse grupo apresenta trabalhos que inicialmente não têm relação entre si, no entanto essa aproximação se dá quando se percebe que o trabalho das autoras (FUSELIER, JACKSON e STOIKO, 2015), que descreve uma evolução no conceito de natureza da ciência em livros texto, indiretamente, realiza uma análise sobre um dos materiais (livro texto) que é utilizado pelo professor em sala.

A penúltima categoria traz artigos (BLOWN e BRYCE, 2013); (BRAGA, GUERRA e REIS, 2012) que trabalham com fontes primárias para realizar um trabalho norteado pela perspectiva da história da ciência. O artigo dos autores Blown e Bryce (2013), por exemplo, partiu do pressuposto da evolução do conceito de gravidade para analisar os conceitos prévios de 247 crianças e, a partir da análise desses dados à luz da visão piagetiana, os autores foram capazes de categorizar as representações das crianças e alocá-las de acordo com sua similaridade com conceitos históricos já existentes sobre a gravidade.

Por fim o artigo (TEIXEIRA, et. al. 2012) trata de uma revisão de literatura sobre a história da ciência e os principais temas relacionados. O trabalho realizou uma grande seleção de artigos e livros e constatou avanços significativos no que diz respeito ao aprendizado de conceitos por meio da história da ciência, e também relacionado à discussão da Natureza da Ciência.

O levantamento de bibliografia sobre o assunto nos forneceu um bom panorama sobre o estado da arte em relação ao tema, bem como a distribuição dos artigos por temática. Foram discutidos a fundo os trabalhos encontrados em duas revistas, História da Ciência e Ensino (construindo interfaces) e Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF), devido à sua afinidade com o tema da qualificação, e com a área de concentração da pesquisa de doutorado (Ensino de Física).

As demais revistas passaram também pelo processo de escolha e separação dos artigos em categorias. Através do gráfico 4 podemos observar a quantidade total de artigos por revista, para obter um panorama sobre a distribuição de artigos observados:

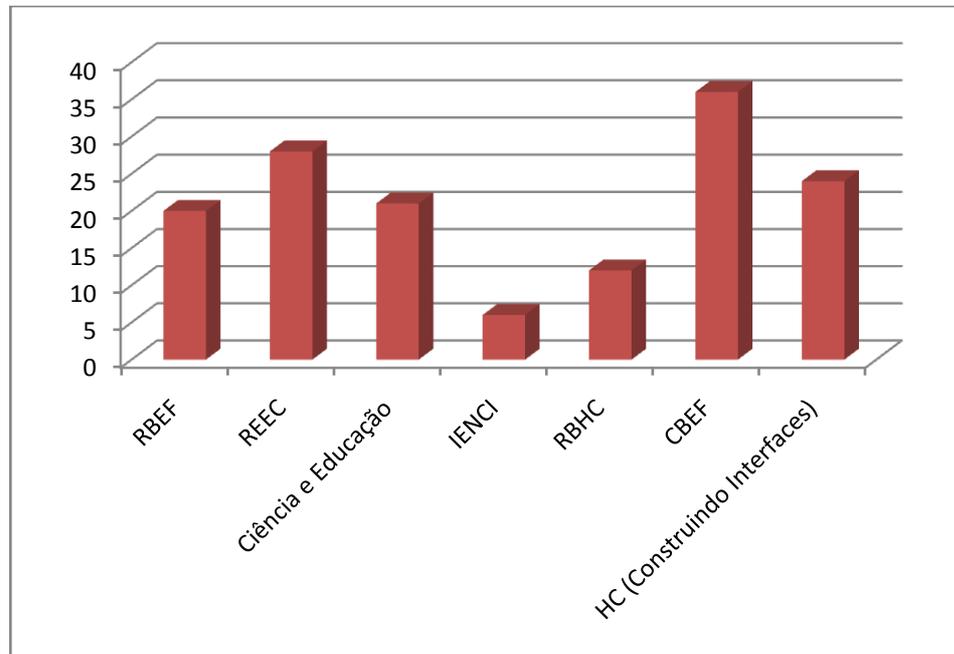


Gráfico 4: Quantidade de artigos encontrados por revista.

Entre o total de 138 artigos analisados, podemos observar que grande parte apresenta abordagens gerais da história da ciência e, quase na mesma proporção, encontramos um grande percentual de trabalhos que discutem a natureza da ciência.

Em relação ao tema investigado por esta tese, que trata de forma direta da investigação do papel do estudo dos episódios históricos na formação docente, podemos analisar o percentual médio de ocorrências de forma separada. A revista *História da Ciência e Ensino construindo interfaces*, apresentou em seu escopo grande afinidade com o tema, tanto que, nessa revista, a incidência de artigos sobre o tema constitui cerca de 30% do total de artigos analisados, justamente por isso foi dada uma atenção especial à análise do conteúdo dos artigos dessa revista. Por outro lado as demais revistas apresentaram uma ocorrência média de 4% de artigos que tratam especificamente do tema.

Acreditamos que, dada a importância da formação inicial do professor de ciências, a quantidade de trabalhos dedicados ao tema deveria ter sido mais expressiva. Assim como mencionado em diversos trabalhos, também concordamos que a mudança da postura do docente passa, necessariamente, pela reformulação da formação inicial.

Dos trabalhos relacionados ao tema podemos perceber que, em linhas gerais, as justificativas para a inserção da perspectiva histórica na formação docente passam por três eixos:

- ✓ Compreensão da filosofia e natureza da ciência;
- ✓ Consciência de inacabamento e do conhecimento científico como uma especificidade humana, e;
- ✓ Consciência crítica em relação ao fazer científico.

No primeiro eixo podemos perceber que alguns trabalhos consideram que a compreensão acerca da filosofia da ciência, enquanto área dedicada a compreender a forma de pensar a ciência, possui potencialmente o poder de fornecer ao aluno uma visão diferenciada sobre a ciência. Esse seria um elemento que traria mais significado aos conceitos aprendidos e ajudaria a compreender a natureza da ciência ou, pelo menos, de refletir sobre a natureza do conhecimento científico.

A segunda forma de justificar a inserção da história da ciência na formação é baseada na necessidade que alguns autores apontam de romper o dogmatismo na ciência. Alguns trabalhos descrevem, inclusive, práticas que ainda apontam no sentido de reforçar essa visão dogmática do conhecimento científico.

A maior parte dos autores, dos artigos mencionados nessa revisão, entende que a história da ciência traz consigo o benefício de representar a ciência como uma atividade intrinsecamente humana, e fazer com que o estudante desenvolva um olhar sobre o inacabamento da ciência. Ainda sobre esse aspecto, é comum encontrar entre os trabalhos analisados, vantagens na análise das mudanças conceituais ao longo da história, é descrito em algumas oportunidades que os alunos são capazes de confrontar suas próprias representações e conceitos prévios quando apresentados a obstáculos epistemológicos.

No que diz respeito à consciência crítica em relação ao fazer científico, temos vários trabalhos que consideram que a inserção da história da ciência na formação docente contribui com a ruptura da cultura mecanicista e algorítmica que, tradicionalmente, é encontrada nas academias.

Particularmente consideramos essa uma conclusão válida. Observamos em vários trabalhos evidências sólidas de que uma abordagem histórica adequada auxiliou os alunos em suas reflexões, fazendo-os pensar sobre a ciência como uma área mais próxima de seu cotidiano, humanizando o fazer científico.

De acordo com esses autores a história da ciência teria um papel fundamental de contribuir para que os alunos desenvolvam um senso crítico mais apurado sobre o que estão aprendendo. Um dos fatores essenciais para isso seria o fato de que, ao estudar a história da ciência, percebemos aspectos externos ao conhecimento em si, aspectos como a sociedade, economia, cultura, religião e suas possíveis influências no desenvolvimento de determinado conhecimento científico. Dessa forma podemos tornar o aluno menos ingênuo em relação aos eventos que culminam no desenvolvimento de determinado conhecimento e, de certa forma, cria-se um dispositivo para mostrar que, assim como Freire (1999) afirmava que não existe uma educação neutra, também não existe produção de conhecimento neutra.

Independentemente do eixo escolhido para justificar os trabalhos citados, eles possuem similaridades no que diz respeito à necessidade de mudanças na formação inicial do docente de ciências. Nos trabalhos analisados essas sugestões de mudança são fundamentadas, ora pela necessidade pragmática, que diz respeito às orientações curriculares, ora pelas constatações obtidas em práticas de sala de aula com docentes e/ou alunos. No entanto, através das conclusões retiradas ao avaliar os trabalhos mencionados, constatamos que essa necessidade se sustenta dialeticamente sob as duas formas.

Constatamos, ao realizar a análise dos artigos, que as propostas para viabilizar a inserção mais intensa do debate histórico na formação, carecem ainda de uma elaboração mais próxima da realidade. Ao analisar os trabalhos percebemos que a mudança de postura na formação inicial envolve diversas variáveis, como currículo, contexto social, contexto político, políticas públicas entre outros. Os trabalhos tendem a apresentar recortes específicos de aspectos individuais, que não dão conta da complexidade da situação, embora contribuam com a compreensão dos fatores que permeiam a perspectiva de uma mudança no ensino.

No sentido de sugerir opções a essa dificuldade da formação inicial, encontramos diversos trabalhos que trazem propostas de estratégias fundamentadas no estudo da história da ciência ou ainda trabalhos que relatam práticas didáticas bem

sucedidas utilizando os mesmo princípios. Os trabalhos dessas categorias de análise utilizam-se de estratégias diversas, experimentos históricos, debates, filmes, estudo de material primário entre outros. Entretanto a essência das propostas possui um núcleo comum, que aponta no sentido de uma compreensão mais ampla da ciência, seja sob o aspecto de sua natureza, filosofia, epistemologia ou história.

Na tentativa de contribuir com essa inserção na formação inicial, essa pesquisa bibliográfica ajuda a dar suporte teórico a essa tese que visa estudar o papel que a história da ciência na mudança conceitual de alunos de licenciatura de física da UENF, seu lugar no currículo e as representações dos alunos sobre sua importância.

1.3 HISTÓRIA E NATUREZA DA CIÊNCIA

A utilização das perspectivas históricas na educação científica é um tema em foco há bastante tempo na área de ensino de ciências (MATTHEWS, 1995). De acordo com (SEQUEIRA e LEITE, 1988) desde o fim do século XIX há estudos ingleses que incentivavam o uso de história da ciência como elemento motivacional no ensino. Outros autores (MATTHEWS, 1995, VANNUCCHI, 1996, QUINTAL E GUERRA, 2009, FOLMER, et. al., 2009; NEVES, et. al., 2008; BADILLO, 2004) indicam que a utilização da história da ciência propicia ao educando um aprendizado mais prazeroso e eficiente.

Conforme essa linha de pesquisa vai se desenvolvendo, diversos autores (MCCOMAS, 2008; FORATO, PIETROCOLA e MARTINS, 2011; GALILI, 2012; MOREIRA, e MASINI, 1982) exploram, descobrem e indicam as potencialidades da utilização de história da ciência como agente facilitador na construção do aprendizado significativo.

A história da ciência estuda os episódios históricos da ciência considerando a princípio os documentos, relatos e fatos desses episódios científicos (OLIVEIRA e SILVA, 2012). A história da ciência não pode ser categorizada, disciplinarmente, como história apenas, nem como Ciência, ela configura-se como uma disciplina à parte com suas próprias características e especialidades (SERRES,1996). Essa categorização implica que a historiografia da ciência possui uma metodologia própria. Desenvolver uma pesquisa nessa área requer instrumentação específica.

É relevante ressaltar a importância da utilização da história da ciência como apoio às alternativas didáticas no Ensino de Ciências, associada à discussão sobre a

Natureza da Ciência (NdC). Além de destacar essa importância (MCCOMAS, 2010) faz também a categorização das distintas maneiras de utilizar a história da ciência e seus episódios marcantes no Ensino de Ciências. O autor faz um apanhado das obras que configuram a utilização da História e Filosofia da Ciência (HFC) como uma forte aliada ao Ensino de Ciências, destacando os principais motivos que para utilizarmos dessa perspectiva. Essas razões vão desde aumentar a motivação dos estudantes até o aprimoramento da formação de professores, melhorando suas próprias concepções.

Antes de iniciar a classificação das formas de utilizar a HFC o autor expõe os benefícios de se fazer essa categorização. Um desses benefícios é conseguir identificar, por exemplo, quais formas de utilização da história da ciência se mostram mais eficazes no que diz respeito ao Ensino e Aprendizado de conceitos científicos.

A primeira classificação diz respeito à utilização de materiais originais com os alunos, ou seja, trabalhar um episódio da história da ciência usando diretamente o material da época e não um trabalho baseado no original, esses materiais são chamados de fontes primárias. O segundo tipo são as discussões e narrativas envolvendo um estudo de caso, podendo ou não utilizar-se do material original.

A terceira forma de classificar é a utilização das biografias e autobiografias dos cientistas e suas descobertas, que consiste em conhecer e ter contato com o desenvolvimento de uma teoria em si e os fatores que contribuíram para esse desenvolvimento, humanizando o cientista. A quarta forma seria apresentar algum aspecto histórico por meio de livros próprios. A quinta forma é a utilização de atividades de dramatização de personagens históricos da ciência, fazendo os alunos vivenciarem o episódio.

A sexta, e relativamente comum, forma trata da utilização de trechos de livros textos relacionados à história da ciência. E o último tipo é a reprodução de experimentos históricos em suas condições originais. O autor ressalta que é necessário ainda reunir mais informações sobre vários tipos de aplicações da HFC para termos um panorama geral das especificidades dos resultados dessas abordagens.

Com mais frequência encontramos referências que defendem o ensino da ciência não restrito apenas em conteúdos específicos (MARTINS, 2007; GUERRA, REIS e BRAGA, 2013). O Ensino de Ciências torna-se, cada vez mais, um instrumento para a formação de um cidadão que deve possuir uma leitura da Ciência aplicada ao

mundo ao seu redor, além disso, a aula de ciência deve ser o espaço no qual é oportunizado ao educando refletir sobre a própria natureza do conhecimento científico, citado com frequência como NdC (MACCOMAS e OLSON, 1998).

A Natureza da Ciência pode ser compreendida como uma combinação de vários elementos ciência, sociais, históricos e filosóficos (MACCOMAS, 2005). De outra forma, de acordo com Lederman (1992) a expressão “natureza da ciência” representa o conjunto de saberes sobre princípios epistemológicos pertinentes na construção do conhecimento científico, não excluindo as crenças e valores intrínsecos a este processo. Por isso a natureza do conhecimento científico é um campo de reflexão sempre em aberto, e com possibilidades para explorar diversos conhecimentos. A expressão NdC foi cunhada na década de 1980 e surge em um documento editado pela Associação Americana para o Avanço da Ciência (AAAS) logo no início do documento.

Dada a sua importância, abrangência e evolução ao longo da história, Ciência não é uma expressão simples para se definir em poucas palavras. Pelo menos não sem deixarmos de lado várias de suas características. Os autores (BAGDONAS e SILVA, 2013) reforçam a ideia de que conceituar ou definir a natureza da Ciência não é uma tarefa trivial e que, mesmo hoje, ainda não podemos categorizar uma definição conclusiva sobre um campo tão abrangente quanto a Ciência. Ao realizarem uma categorização na forma de pensar a Ciência, como “positivista” ou “construtivista” os autores identificam os principais elementos constituintes da forma de pensar “inadequada” em relação à Natureza da Ciência.

Dentre esses elementos foi destacada a visão rígida de Ciência, bem como a visão de que a Ciência fornece respostas absolutas e imutáveis. Entretanto os autores chamam atenção para o fato de que a expressão “inadequada” não reflete uma asserção de valor ou julgamento do trabalho em si, mas uma categorização que indica que essa forma de pensar possui incoerências e se mostra falha em diversas situações. Seria essa a visão positivista.

Em contrapartida é apresentada uma forma diferente de pensar a Natureza da Ciência, essa pautada em uma visão em que a Ciência é construção humana, e como tal, não é neutra de influências, tampouco acabada e impassível de erros. Esse seria o modelo “construtivista” de pensar a NdC. Nesta tendência construtivista a Ciência é o conhecimento que o homem constrói o livro da natureza escrito pelos

cientistas, em contraste com a tendência positivista na qual a natureza é um livro a ser lido e descoberto.

Por fim o artigo discute as implicações que essas divergências podem desencadear no Ensino de Ciências. O fato de que os professores reproduzem, em geral, a forma mais tradicional de pensar a NdC, contribui para excluir a sala de aula como espaço de discussão e de debates sobre a NdC em si. Dessa forma os autores sugerem que o professor assuma uma postura menos centralizada nas discussões e se permita levantar questões como esta: O que é ciência? Questões que são sistematicamente evitadas, pois ao invés de uma resposta única, abrem espaços para formas de pensar diferentes, favorecendo a discussão.

A discussão da NdC está presente nas atividades desse trabalho com os alunos, primariamente, por se tratar de uma abordagem que é defendida por vários autores (MATTHEWS, 1994, MARTINS e SILVA, 2001, CARVALHO e VANNUCCHI, 2000, PEDUZZI, 2001) como uma discussão de extrema importância para melhor compreensão das ciências, por parte dos alunos.

A inserção da NdC, bem como da discussão da história da ciência, é também incentivada pelos documentos de diretrizes curriculares, o que torna a NdC uma abordagem adequada a esse trabalho.

O uso da história da ciência para enriquecer o ensino de Física e tornar mais interessante seu aprendizado, aproximando os aspectos científicos dos acontecimentos históricos, possibilita a visão da ciência como uma construção humana. Esse enfoque está em consonância com o desenvolvimento da competência geral de contextualização sociocultural, pois permite, por exemplo, compreender a construção do conhecimento físico como um processo histórico, em estreita relação com as condições sociais, políticas e econômicas de uma determinada época (BRASIL, 2006, p.64).

Neste sentido os autores Forato (2009) e Lederman (2007) apontam para a possibilidade de tratar a NdC como um saber escolar. Em seu trabalho Forato (2009) descreve de que formas a NdC pode ser utilizada em sala, e fornece perspectivas sobre os elementos necessários para que a NdC possa se tornar um saber escolar de fato.

No artigo (PRAIA, GIL-PÉREZ, VILCHES, 2007) o debate sobre a natureza da ciência é o elemento mais importante para garantir a educação para a cidadania. De

acordo com os autores, o debate sobre a NdC traz consigo elementos que caracterizam o saber científico em si, e auxiliam fortemente no que diz respeito à produção de sentido na linguagem científica para o aluno.

Ainda de acordo com esses autores, estudar a natureza da ciência contribui para que o aluno supere as visões distorcidas habituais em relação à construção do conhecimento científico. Outra vantagem da abordagem é propiciar um ambiente de investigação em sala de aula, uma vez que o aluno entra em contato com a forma de se produzir o saber científico, a investigação vai se desmistificando e se tornando uma ação cotidiana, uma forma de pensar.

Nessa perspectiva, o artigo (PRAIA, GIL-PÉREZ, VILCHES, 2007) sugere ainda que a natureza da ciência seja um assunto que deve permear toda sequência de eventos investigativos no ensino de ciência. De acordo com eles os passos adequados para a obtenção de um aprendizado mais significativo, nessa perspectiva, seguiriam a ordem:

- 1 – A discussão do possível interesse e da relevância das situações;
- 2 – O estudo qualitativo, significativo, das situações problemáticas;
- 3 – A invenção de conceitos e a formulação de hipóteses;
- 4 – A definição e implementação de estratégias de resolução;
- 5 – A análise e comunicação dos resultados;
- 6 – As sínteses e a possibilidade de outras perspectivas;

Embora os autores explicitem esse caminho, deixam claro que isso não constitui um algoritmo a ser seguido. São apenas sugestões para orientar a dinâmica base da abordagem de ensino investigativo.

1.4 ENSINO DE UM EPISÓDIO HISTÓRICO

Dada a preocupação em vincular o conhecimento científico ao cotidiano do aluno, e estabelecer elementos que possibilitem o aprendizado, surgem alternativas mais elaboradas para o Ensino de Ciências, como o Estudo de Episódio Histórico.

O Estudo de Episódio Histórico, pode ser considerado, de certa forma, como uma alternativa investigativa para o Ensino de Ciências que consiste, basicamente, em selecionar um episódio histórico (evento) científico real, apresentar as circunstâncias

desse episódio aos alunos, por meio de um texto por exemplo, e desenvolver atividades com a finalidade de que os alunos construam conceitos científicos específicos, além de terem contato com as características sociais envolvidas com a produção daquele conhecimento em si.

Essa estratégia possibilita que o aluno desenvolva muito mais do que conceitos científicos. Ao conhecer com precisão os passos e as circunstâncias que levaram um cientista a desenvolver um novo conhecimento, o aluno é induzido a pensar sobre a natureza da ciência e, ao mesmo tempo, perceberá como se dá a gênese do conhecimento. Acreditamos que essa perspectiva implicará naturalmente em uma aproximação entre o aluno e o conhecimento, facilitando não apenas a construção do conhecimento científico, mas também sua visão sobre a NdC.

Trabalhar com um episódio histórico, um estudo de caso histórico, requer uma série de cuidados no que diz respeito ao anacronismo (FORATO, 2009). Dado pelo respeito ao contexto, durante o estudo de um evento histórico, é um princípio essencial para os historiadores. Ainda de acordo com a autora:

Pontos de vista anacrônicos de qualquer fato ou de episódios da história da ciência interpretam e julgam os acontecimentos históricos de um período com valores, ideias e crenças de outra época, ou seja, avaliam o passado de modo preconceituoso, selecionando e enaltecendo conceitos e teorias “similares” aos aceitos no presente. Olhar para o passado com os olhos do presente pode vir tanto de ações ingênuas decorrentes de desconhecimento historiográfico ou de ações que buscam atingir determinados propósitos. Parece-nos mais provável que a grande maioria das versões distorcidas da história da ciência deve-se ao não conhecimento de versões consideradas adequadas pelos especialistas (FORATO, 2009, p.20).

A autora afirma ainda que o anacronismo, quando adotado propositalmente, pode ser utilizado para enaltecer os feitos e conquistas de um determinado grupo a quem interesse. Tal propósito desconsidera a complexidade e a coletividade da construção do saber científico em detrimento de uma versão histórica que glorifica genialidades individuais. A autora também cita o autor Allchin (2004) para ilustrar os indícios para reconhecer em materiais didáticos, possíveis anacronismos e distorções nos textos de história da ciência, que segue:

- relatos romantizados;
- personagens perfeitos;
- descobertas monumentais e individuais;

- *insight* tipo “eureca”;
- apenas experimentos cruciais;
- senso do inevitável, trajetória óbvia;
- retórica da verdade *versus* ignorância;
- ausência de qualquer erro;
- interpretação aproblemática das evidências;
- simplificação generalizada das evidências;
- conclusões sem influências ideológicas.

Ainda de acordo com a autora, esse tipo de abordagem deixa de lado aspectos importantes como: ambiente social ou cultural, ideias antecedentes, ideias alternativas e aceitação acrítica de novos conceitos. Em especial o último aspecto é objeto de estudo de pesquisadores (KHUN, 2003) e comprovadamente é um elemento que deve ser levado em consideração quando se trata de história da ciência.

Obviamente trabalhar com um episódio histórico científico demanda a seleção de um material que esteja livre desses tipos de distorções, sendo elas propositais ou não. Uma forma aumentar as chances de evitar isso é a utilização de fontes primárias. De acordo com Boss, (2011) as fontes primárias são materiais com pouca ou nenhuma intervenção de outros que não sejam os responsáveis pelo desenvolvimento do saber científico em questão.

Entretanto a utilização desse tipo de material não pode ser arbitrária. De acordo com Forato (2009) o professor deve ter um bom conhecimento sobre o material, essa compreensão é essencial para a utilização adequada, e planejamento das atividades com os alunos. Além disso, o material deve ser compreensível ao aluno, devendo suscitar interesse e oferecendo um desafio à compreensão que esteja a altura do aluno.

Linhares (2008) trabalhou com a aplicação do método de estudo de caso em licenciandos de física, utilizando-se de episódios históricos. Neste trabalho a autora descreveu e avaliou a aplicação do estudo de caso, para determinado contexto, e obteve para os casos observados indicadores expressivos tanto no que diz respeito ao aprendizado dos conceitos científicos, quanto na evolução dos conceitos da Natureza da Ciência dos Alunos.

1.5 FUNDAMENTOS DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA

Além dos aspectos teóricos, referentes à história da ciência ao estudo da natureza da ciência, o professor deve levar em consideração a forma com que o aluno aprende. Ter consciência de teorias que explicam como os alunos aprendem é um grande benefício para êxito na aprendizagem. Especialmente na área de física na qual, por muitas vezes, é necessária a abstração para a compreensão de conceitos não triviais, como o conceito de campo.

As teorias que propõem modelos para explicar a forma como nós aprendemos são conhecidas como teorias da aprendizagem, entre essas teorias destacamos aqui a teoria da aprendizagem significativa, proposta por um médico, com especialidade em psiquiatria, chamado David Paul Ausubel. Ausubel foi um personagem que contribuiu fortemente com uma linha de estudo classificada como aprendizagem construtivista (MOREIRA, 2011, p.37).

A teoria da aprendizagem *significativa* de Ausubel propõe que a aprendizagem é atingida a partir dos conhecimentos já existentes na *estrutura cognitiva* do indivíduo. Ao entrar em contato com novos conhecimentos e informações, os conhecimentos já existentes na estrutura cognitiva podem sofrer modificações e re-significações, modificando assim a própria *estrutura cognitiva*, acontecendo com isso a aprendizagem. O próprio Ausubel define que o fator que mais influencia na aprendizagem é o que o aluno já sabe, o conhecimento *subsunçor*, esse conhecimento deve sempre ser levado em consideração para a definição da estratégia de ensino (AUSUBEL, 1983).

Para detalhar a compreensão da teoria deve-se compartilhar o significado das expressões usadas por Ausubel, os termos que aparecem destacados no parágrafo anterior, a primeira expressão que merece uma atenção especial é o que ele denomina como subsunçor. Ausubel acreditava que, para que acontecesse de fato o aprendizado, deveria existir no indivíduo um conhecimento prévio que permitiria dar significado a um novo conhecimento adquirido, o termo pode ser melhor definido por Moreira (2012).

Em termos simples, subsunçor é o nome que se dá a um conhecimento específico, existente na estrutura de conhecimentos do indivíduo, que

permite dar significado a um novo conhecimento que lhe é apresentado ou por ele descoberto. Tanto por recepção como por descobrimento, a atribuição de significados a novos conhecimentos depende da existência de conhecimentos prévios especificamente relevantes e da interação com eles (MOREIRA, 2012, p.2).

Neste sentido, o subsunçor é um conhecimento específico, ou um conjunto específico de conhecimentos, que subsidia e permite o aprendizado. Por esse prisma se torna necessário à prática docente uma atenção especial ao que o aluno já sabe, fica constatada a necessidade de uma sondagem dos conhecimentos prévios dos alunos.

Vale também ressaltar que em seu trabalho Moreira (2012) chama a atenção para o fato de que é a interação entre os conhecimentos novos e os conhecimentos prévios que promove a aprendizagem e, de acordo com ele, essa interação permite que o sujeito atribua significado aos novos conhecimentos e aos conhecimentos prévios, ou ainda, promovem maior estabilidade cognitiva aos significados anteriores.

Um exemplo (MOREIRA, 2012, p.3) ilustra uma ocasião na qual, a partir de uma nova informação, o indivíduo consegue estabelecer uma maior estabilidade cognitiva a um conhecimento já adquirido. O autor exemplifica que se um indivíduo já conhece a lei de conservação de energia aplicada à mecânica, ao ser apresentado à primeira Lei da Termodinâmica, que funciona pelo mesmo princípio entretanto sob outra forma de energia, haverá uma concordância lógica que tende a concordar com o conhecimento prévio do aluno. Dessa forma o novo conhecimento irá mobilizar o conhecimento subsunçor, entretanto não ocorre uma resignificação do conhecimento prévio, mas uma confirmação de significado incorporado à estrutura cognitiva.

Na tentativa de explicar mais claramente os elementos envolvidos na teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, outro termo carece de uma explicação mais detalhada, o que ele chama de estrutura cognitiva. De uma forma simplificada, a estrutura cognitiva seria a forma como estão organizadas os nossos conhecimentos prévios, e como eles estão relacionados entre si. Embora seja uma definição vaga, conseguimos perceber a dimensão da complexidade da estrutura cognitiva em si, podemos compreender esse termo também da seguinte forma:

Em termos mais técnicos, ao invés de “cabeça” poderíamos falar em estrutura cognitiva e dizer que o complexo organizado de subsunçores e suas interrelações, em um certo campo de conhecimentos, poderia ser

pensado como constituindo a estrutura cognitiva de um indivíduo nesse campo. Poder-se-ia também falar em estrutura cognitiva em termos de subsunçores mais abrangentes, mais gerais, aplicáveis a distintos campos de conhecimento. Estrutura cognitiva é um construto (um conceito para o qual não há um referente concreto) usado por diferentes autores, com diferentes significados, com o qual se pode trabalhar em níveis distintos, ou seja, referido a uma área específica de conhecimentos ou a um campo conceitual, um complexo mais amplo de conhecimentos (MOREIRA, 2012, p.5).

Embora não exista uma forma específica de conceituar essa expressão, podemos perceber que, da perspectiva de Ausubel, essa organização das ideias prévias exerce papel fundamental no que diz respeito à aprendizagem significativa. Uma das características da estrutura cognitiva, da forma como foi definida, é de que ela é dinâmica e sofre alterações a cada vez que ocorre um aprendizado de um novo conhecimento.

Dando prosseguimento à elucidação das expressões que subsidiam a teoria de Ausubel, a expressão "significativa" também precisa de um foco especial. De acordo com Moreira (2011, p.37) a utilização dessa expressão se mostra adequada sob vários aspectos mesmo quando utilizada no contexto de outras teorias da aprendizagem. Mas no que diz respeito ao significado da aprendizagem significativa, para Ausubel:

[...] é o processo através do qual uma nova informação (um novo conhecimento) se relaciona de maneira *não arbitrária e substantiva* (não-litera) à estrutura cognitiva do aprendiz. É no curso da aprendizagem significativa que o significado lógico do material de aprendizagem se transforma em significado psicológico para o sujeito. Para Ausubel (1963, p. 58), a aprendizagem significativa é o mecanismo humano, por excelência, para adquirir e armazenar a vasta quantidade de ideias e informações representadas em qualquer campo de conhecimento (MOREIRA, 2011, p.26).

O autor considera ainda que a não-arbitrariedade e substantividade são características básicas da aprendizagem significativa. Essas características fornecem elementos para a compreensão de como ocorre a aprendizagem. A característica de não-arbitrariedade diz respeito ao fato de que a interação de um novo conhecimento não ocorre com qualquer conhecimento prévio do indivíduo, mas sim com um conhecimento específico, o subsunçor. Dessa forma Ausubel considera que não é qualquer conhecimento prévio que será capaz de interagir com um novo

conhecimento gerando a aprendizagem, o subsunçor deve ser um conhecimento que, de alguma forma, está relacionado com o novo conhecimento e que será mobilizado ao interagir com ele.

Nesse aspecto percebemos que não é apenas importante saber os conhecimentos prévios dos alunos, mas também saber quais são esses conhecimentos prévios e como se relacionam com o assunto o qual será abordado. Garantindo que há conhecimentos prévios sobre o assunto a ser aprendido, e conhecendo a forma com que eles se relacionam com o novo conhecimento pretendido, podemos aumentar as chances de que hajam subsunçores para potencializar o aprendizado significativo.

No que diz respeito à característica de substantividade, Ausubel propõe que, o que é incorporado à estrutura cognitiva não seria uma definição exata do novo conhecimento, mas sim a *substância* desse conceito, uma representação lógica significativa para o indivíduo. Sendo assim, o novo conhecimento aprendido pelo indivíduo pode por ele ser definido pelos signos já conhecidos em sua estrutura cognitiva, não sendo, necessariamente, os mesmos signos e elementos textuais utilizados na definição da qual ele teve contato. Para compreender melhor essa característica podemos também definir que:

Substantividade significa que o que é incorporado à estrutura cognitiva é a substância do novo conhecimento, das novas idéias, não as palavras precisas usadas para expressá-las. O mesmo conceito ou a mesma proposição podem ser expressos de diferentes maneiras, através de distintos signos ou grupos de signos, equivalentes em termos de significados. Assim, uma aprendizagem significativa não pode depender do uso exclusivo de determinados signos em particular (MOREIRA, 2011, p.26).

Dentre as consequências diretas da substantividade podemos destacar uma, em particular, que se relaciona diretamente com a avaliação da aprendizagem. A avaliação de um certo conhecimento deve ser então pautada na representação conceitual, independente dos signos utilizados para expressar a ideia. Nesse destacamos a importância da negociação de significados, que tem a função de fazer com que tanto o aluno quanto o professor compartilhem das mesmas significações, para que tanto o aprendizado quanto a avaliação do aprendizado sejam facilitadas.

Por fim, ao explorar as principais ideias que compõem a teoria da aprendizagem significativa de Ausubel, podemos delinear com maior cuidado o planejamento das

atividades de ensino e também de pesquisa na área de ensino. Como parte essencial desta pesquisa foi realizado um detalhado levantamento de ideias prévias dos alunos, com a finalidade de subsidiar uma melhor compreensão dos principais elementos existentes nas estruturas cognitivas dos alunos, relacionadas ao tema proposto.

Outro aspecto importante que foi levado em consideração, foi o quesito sobre a avaliação dos conhecimentos abordados durante a aplicação da pesquisa, sempre considerando o conteúdo do discurso dos alunos, a fim de encontrar elementos que possam permitir a inferência de uma aprendizagem, resultado da interação com seu conhecimento subsunçor, causando uma mudança nas estruturas cognitivas.

2 A EVOLUÇÃO DOS CONCEITOS DE ELETRICIDADE

Além das aptidões e das qualidades herdadas, é a tradição que faz de nós aquilo que somos (Albert Einstein).

Esse capítulo se dedica a realizar um levantamento dos principais eventos históricos que modelaram o conceito de eletricidade da forma como estudamos hoje, e também traz uma discussão sobre o conceito de campo elétrico que é um conceito chave para o objeto de estudo da pesquisa.

Com a finalidade de compreender a trajetória da evolução dos conceitos de eletricidade, está apresentado nesse capítulo um panorama geral dos principais eventos e personagens responsáveis por moldar os conceitos básicos de eletricidade da forma como conhecemos atualmente. Vários autores (PIETROCOLA, 2002; PEREIRA, 2005; MARTINS, 2017; ROCHA, 2002) concordam que essa trajetória histórica se faz necessária para compreender melhor a evolução dos conceitos. Esse apanhado histórico também se faz necessário pelo fato de se alinhar com o objeto de estudo do nosso trabalho, que aborda conceitos de natureza eletromagnética.

Conhecidamente a observação dos fenômenos de origem elétrica e magnética acontece desde o século VI a.C., com Tales de Mileto que, é considerado por muitos pesquisadores, um dos primeiros a observar e registrar tais fenômenos (PEREIRA, 2005). Ele atritou uma resina fóssil chamada de âmbar (*elektron* em grego) com pedaços de lã e observou uma força de atração entre a pedra e outros objetos pequenos após o atrito.

Além de Tales de Mileto, outros estudiosos da antiguidade, tais como Platão, Sócrates e Tito de Lucrecio também citaram em seus escritos a observação da atração (magnética) que ocorria com pedras de magnetita (BASSALO, 1992). A origem do nome dessa pedra é devido à região em que era encontrada, ao sul da antiga Tessália, hoje Grécia. Curiosamente o significado da palavra grega magnésia significa “*lugar das pedras mágicas*”, muito provavelmente essa designação tem uma relação direta com o fato de que, naquela época, não existia uma explicação convincente para o fato de as pedras de magnetita se atraírem.

Entretanto, essas observações não serviram de suporte para a criação de um modelo explicativo ou teoria. Os indícios históricos, mais amplamente aceitos, indicam que a utilização da propriedade magnética foi utilizada, como integrante de uma tecnologia, primeiramente pelos chineses, na construção da bússola.

O desenvolvimento da bússola data do ano 2000 a.C., e a busca pelo seu aperfeiçoamento ocorreu durante séculos. Um avanço considerável foi obtido quando se descobriu que uma fina peça de metal poderia ser magnetizada, esfregando-a com minério de ferro. Em 850 d.C., os chineses, em busca de maior precisão desse instrumento, começaram a magnetizar agulhas de forma a ganhar maior precisão e estabilidade, surgiu então a bússola - que atualmente funciona com o mesmo princípio desenvolvido pelos chineses (FRANCISCO, 2015).

Com o passar do tempo o aprimoramento da tecnologia acontecia de forma empírica, entretanto pouco se concluiu sobre a natureza do fenômeno em si. Bem mais tarde, em meados do século XIII, o estudioso Pierre Pèlerin de Maricourt (1269) publicou o que viria se tornar o primeiro documento escrito sobre as propriedades dos ímãs. Intitulado “*Epistola Petri Peregrini de Maricourt ad Sygerum de Foucaucourt, militem, de magnete*”, o trabalho conhecido mais simplesmente como Epístola do Magneto, datado de 08 de agosto de 1269, é uma carta destinada a um cavaleiro de Foucaucourt, conhecido como Siggerius (MARTINS, 2017). Uma propriedade interessante citada nessa carta é a inseparabilidade dos pólos magnéticos, Pierre já havia observado nessa época que, ao se quebrar um ímã, as partes resultantes serão novos ímãs cada qual com seus pólos magnéticos, Norte e Sul.

Vale ressaltar que essa epístola foi escrita em uma época de relativa instabilidade social na Europa, que estava sem a liderança religiosa mais influente da época. No ano anterior morreria o Papa Clemente VI e, desde o fim de 1268 até 1271 a Igreja Católica, que se configurava como uma liderança que detinha influência em todos aspectos da sociedade, esteve em conclave para a eleição do novo Papa, esse foi o mais longo conclave da história.

Entretanto a carta de Petri Peregrini não possuía elementos suficientes para se tornar uma obra de referência sobre o conhecimento das propriedades magnéticas. Inclusive pouco se sabe sobre o autor, “além do fato de que provavelmente se

chamava Pedro e que deveria ser uma espécie de peregrino. Acredita-se que ele tenha sido uma espécie de engenheiro militar do exército da Sicília”⁶.

Mais tarde, no ano de 1600, o cientista e médico William Gilbert (1544-1603), publicou o tratado que revolucionou a produção científica sobre o conhecimento das propriedades magnéticas. Intitulado *De Magnete, Magneticisque Corporibus, et de Magno Magnete Tellure* (*Sobre os ímãs, os corpos magnéticos e o grande imã terrestre*), seu trabalho continha propriedades novas sobre o magnetismo, e a introdução da ideia de que a própria Terra possuía propriedades magnéticas. Nesse mesmo ano nasceria Carlos I, que mais tarde se tornaria o Rei da Inglaterra, Escócia e Irlanda.

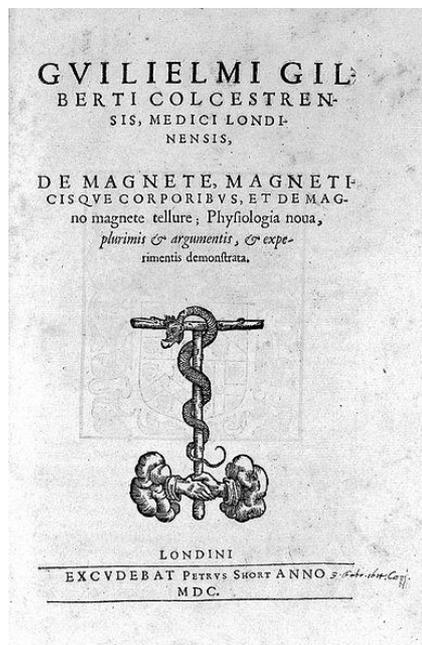


Figura 2: Primeira página da primeira edição do *De Magnete*.⁷

A figura 2, quando observada em alta resolução, mostra a marca da página seguinte do documento. Essa marca é proveniente do brasão de Gilbert. O ano de lançamento dessa obra também coincide com o ano que finaliza o movimento artístico nascido na Europa, conhecido como Maneirismo.

⁶ Disponível em: <http://cartografia.eng.br/gilbert-e-os-imas/>. Acessado em: 14 set. 2015.

⁷ Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Title-Page_of_Dr._W._Gilbert,_%22De_Magnete%22_Wellcome_L0016390.jpg. Acessado em: 14 set. 2015.



Figura 3: Brasão de Willian Gilbert, reproduzida a partir de uma parte da folha de rosto do *De Magnete*.⁸

Willian Gilbert, em sua obra, também discutiu a separação dos fenômenos de natureza elétrica e magnética. Para tanto ele realizou, e descreveu com precisão, vários experimentos de eletrostática e interações magnéticas. Ele explicava que a ação à distância se dava através da emissão de uma substância material, chamada de *effluvium*. Gilbert interessou-se também sobre a ação à distância, ele chegou a indicar que “se faz necessário que algo seja enviado de um corpo para outro, para provocar a interação” (PUMFREY e TILLEY, 2003, p.16).

No entanto a teoria de Gilbert em relação ao *effluvium* foi contestada por um pesquisador italiano chamado Niccolo Cabeo (1620), que realizou experiências acerca da interação elétrica entre objetos eletrizados. Em seu livro *Philosophia magnetica*, publicado em 1629 (mesmo ano de nascimento do físico Christiaan Huygens), Niccolo percebeu que, ao impor o contato entre dois objetos condutores carregados, após o contato a interação da força elétrica, havia mudança de atração para repulsão. De acordo com (ROCHA, 2002) essa experiência mudou a percepção sobre o *effluvium*. Percebeu-se que existia alguma propriedade, adicionada ao material, capaz de alterar a natureza da ação à distância mediante o contato.

⁸ Disponível em: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:The_arms_of_Doctor_William_Gilbert_Wellcome_M0008990.jpg. Acessado em: 4 out. 2017.

Mais tarde, em 1729, o pesquisador chamado Stephen Gray concluiu, através de experiências de eletrização, que alguns materiais favoreciam a troca do “fluido” elétrico e outros não, sugerindo então classificá-los enquanto condutores ou isolantes (BOSS, CALUZI, 2010). Nesse mesmo ano Stephen Gray e Granvil Wheeler constroem a primeira linha de transmissão elétrica da Inglaterra. Entretanto, apenas no ano de 1733, Charles du Fay supôs a existência de dois tipos de carga, dois tipos de fluidos elétricos. Ao atritar seda com um bastão de vidro, Charles percebeu que adquiriam cargas distintas, a nomenclatura utilizada por ele para descrever esse fenômeno foi baseada nos materiais que ele utilizava.

O vidro, ao ser atritado com a seda, perde elétrons e assume um excesso de carga positiva, enquanto a seda, que recebeu os elétrons, assume excesso de carga negativa. Charles chamou a carga assumida pelo vidro de “vítrea” e a da seda chamou de “resinosa”. Naturalmente a expressão “vítrea” faz uma referência direta ao vidro, na medida em que a expressão “resinosa” foi derivada das observações do atrito com âmbar.

Um dos exemplos que a relação entre a ciência (teórica) e a tecnologia (prática) é dialética se deu nos anos de 1745 e 1746. Idealizado a partir de experiências anteriores similares, foi construído o que viria ser o protótipo do capacitor moderno. O dispositivo conhecido com Garrafa de Leyden foi desenvolvido sem que se entendesse completamente seu funcionamento. A partir da observação do funcionamento do dispositivo foram sendo desenvolvidas sucessivas teorias para explicação. Os experimentos que deram origem ao aparelho aconteceram em 1745 na Pomerânia, um ano depois, na cidade de Leyden, na Holanda (MENDONÇA, 2007, p.25).

As contribuições para a compreensão do funcionamento da garrafa de Leyden vieram de diversos cientistas da época. O botânico Willian Watson, laureado com a Medalha Copley em 1745, demonstrou que a capacidade de armazenamento de cargas da garrafa de Leyden poderia ser melhorada com um revestimento interno de chumbo. Willian não era propenso a aceitar que a eletricidade teria natureza vítrea ou resinosa, mas acreditava na teoria de que a eletricidade era um único fluido, o éter elétrico.

Ao estudar a garrafa de Leyden, alguns anos mais tarde, por volta de 1747, Benjamin Franklin, também adepto da teoria do fluido elétrico, deduziu que existiria

apenas um tipo de fluido, e não dois, como sugerido anteriormente, para ele o atrito entre os materiais proporcionava a troca desse fluido. Foi Benjamin Franklin que utilizou pela primeira vez a nomenclatura “positivo” para o corpo que recebeu o fluido e “negativo” para o corpo que perdeu fluido.

Ele acreditava que o fluido elétrico estava igualmente presente em todos os corpos, e podia ser trocado através do contato ou atrito, entretanto, poderia ser devolvido ao corpo que eventualmente tivesse doado fluido. Dessa forma ele concluiu que não se pode criar ou destruir o fluido elétrico. Atualmente essa propriedade ainda é válida e é conhecida como conservação da carga. Benjamin Franklin apresentou também uma explicação do princípio de funcionamento da garrafa de Leyden, de acordo com Mendonça (2007, p.32):

“Noutra carta a 18 de julho de 1747, Franklin começa a denotar alguma preocupação sobre a chegada de informação ser lenta relativamente sobre as descobertas da eletricidade, que cada vez se desenvolvia mais, e nesta carta fala da garrafa de Leyden aplicando sua teoria sobre a eletricidade positiva e negativa, dizendo que o conteúdo não elétrico da garrafa difere quando eletrizada ou não. Quando a garrafa de Leyden está carregada, se a superfície interior é positiva a superfície exterior é negativa, mas não existe na garrafa mais eletricidade do que quando está descarregada; apenas a parte exterior ganhou o que a parte inferior perdeu” (MENDONÇA, 2007, p.32).

Depois de Franklin, alguns estudiosos realizaram experimentos para verificar suas hipóteses e compreender melhor a natureza da interação elétrica. Cerca de cinco anos após a divulgação dos estudos de Franklin, o físico britânico John Canton, também adepto da teoria do fluido elétrico, confirmou os resultados de Franklin e foi o primeiro cientista a conseguir perceber que um objeto pode ser eletrizado sem que seja necessário o contato (MEDEIROS, 2002, p. 358). Canton havia descoberto o processo de eletrização por indução. Tanto ele, quanto Franklin chamavam a garrafa de “condensador”, devido ao fato de que eles acreditavam que o fluido elétrico se condensava de alguma forma na garrafa. E no momento da descarga aconteceria algo como uma evaporação desse fluido.

2.1 APROFUNDAMENTO DOS ESTUDOS DA ELETRODINÂMICA

No que diz respeito ao aspecto quantitativo da força elétrica, os trabalhos realizados até essa época eram muito escassos. No ano de 1783, mesmo ano do fim da guerra de independência dos Estados Unidos, foi publicado um estudo do físico francês Charles Augustin de Coulomb, trazendo os resultados de sua experiência com um pêndulo de torção, sobre a relação matemática que fornece a força elétrica exercida por corpos eletricamente carregados. Joseph Priestley e o próprio Benjamin Franklin já suspeitavam que a força elétrica fosse inversamente proporcional ao quadrado da distância entre as cargas, entretanto não foram capazes de determinarem precisamente qual era a relação.

Antes disso, em 1780, o fisiologista, físico e filósofo Luigi Galvani realizou experimentos utilizando geradores eletrostáticos para verificar os efeitos de descargas elétricas em tecidos animais, utilizando um bisturi metálico para dissecar um sapo, nas proximidades de um gerador eletrostático, Galvani percebeu que a eletricidade induzia movimentos no músculo da perna do animal (ROCHA, 2002). A partir de então realizou uma série de testes para tentar compreender melhor o fenômeno, ao qual chamou de “eletricidade animal”.

Alguns fatos interessantes ocorreram durante os testes de Galvani, por exemplo, ele observou que ao colocar o sapo atravessado por um gancho metálico de cobre com o gancho encostado em uma mesa metálica de zinco, as contrações aconteciam mesmo sem a presença do gerador eletrostático.

Mais tarde, Alessandro Volta, Físico italiano, confirmou as experiências de Galvani e se mostrou intrigado pelo efeito que o gancho e a mesa causavam no sapo, especialmente se interessou pela natureza do fenômeno causador desse efeito. Volta já era, na época, um cientista reconhecido, com alguns feitos impressionantes como, por exemplo, ter sido o primeiro a identificar e isolar o metano (CH_4), em 1778. Ao analisar a interação entre os metais como Cu e Zn, por exemplo, associado com o conhecimento sobre a fisiologia das enguias elétricas, Volta conseguiu desenvolver, em 1799, o primeiro dispositivo capaz de fornecer uma corrente contínua, a pilha de Volta (ROCHA, 2002).



Figura 4: Pilha de Volta, discos de Cu e Zn empilhados e embebidos em uma solução ácida.

Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Pilha_de_Volta#/media/File:VoltaBattery.JPG

Volta tentou inúmeras vezes empilhar discos de Cu e Zn, mas não observou nenhum efeito. Ele tentou a combinação de outros materiais, também sem sucesso. Foi então que, inspirado na fisiologia das enguias elétricas, e nas experiências de Henry Cavendish (que havia provado que a água salgada era cerca de 700 vezes mais condutora que a água pura), ele introduziu uma solução salina entre os discos, possibilitando o funcionamento do dispositivo.

Os trabalhos de Isaac Newton como: *Principia* e o “*De Motu Corporum in Gyrum*” (“Sobre o movimento dos corpos em órbita”), tiveram grande influência na forma de pensar a influência da eletricidade estática ao redor de um corpo eletrizado. Em especial o livro de Newton que tratava do movimento dos corpos celeste, trazia uma discussão interessante sobre o campo gravitacional e, automaticamente, o fato de a força gravitacional ser inversamente dependente do quadrado da distância chamou a atenção em relação à similaridade com a relação obtida por Coulomb. De acordo com (ROCHA, 2009):

Apesar de haver discordância, as ideias que prevaleceram, na gravitação e também na eletricidade e no magnetismo foram, até as primeiras décadas do século XIX, as de ação à distância. C. Coulomb (1736-1806), A. Ampère (1775-1836), H. Cavendish (1731-1810) e S. Poisson (1781-1840), por exemplo, não se preocuparam com as noções antigas de eflúvios magnéticos e atmosferas elétricas. Muitos cientistas, porém, sentiam que as

teorias de ação à distância, apesar de conduzirem à previsões corretas, não conseguiam fornecer uma explicação física satisfatória para o modo como um corpo exerce uma força sobre o outro (ROCHA, 2009, p.5).

Em 1864 o físico James Clerk Maxwell, publica seu livro *A dynamical theory of the electromagnetic field* (Teoria Dinâmica do Campo Eletromagnético) abrindo novas possibilidades para compreender as propriedades da ação à distância. Influenciado pelos resultados interessantes obtidos, pelo físico Hans Christian Orsted, juntamente com trabalhos de Isaac Newton.

Entretanto, Orsted já havia percebido que, ao colocar uma bússola próxima a um fio condutor, que está transportando uma corrente elétrica, de alguma forma, acontecia uma deflexão da posição da agulha magnética da bússola. Diferentemente da Lei da gravitação universal de Newton e da Lei de Coulomb, a força magnética era perpendicular ao campo magnético, este fato contrariava a ideia mecanicista que tentava reduzir todas as forças de ação às forças do tipo da gravitação universal (ROCHA, 2002, p.252).

Através desse experimento, que atualmente é reproduzido com frequência para fins didáticos, Orsted determinou que há uma relação entre fenômenos elétricos e magnéticos. Essa relação deu origem ao campo de estudo da física conhecido como eletromagnetismo.

Enquanto Faraday realizou várias experiências e coletou uma série de informações sobre os fenômenos eletromagnéticos, Maxwell, que também era matemático, se encarregou de deduzir as equações e modelos matemáticos que descreveriam aqueles fenômenos. As quatro equações, que podem ser escritas em sua forma diferencial ou integral, juntamente com a força de Lorentz formam a base do estudo do eletromagnetismo que é estudado dessa forma até os dias de hoje (NUSSENZVEIG, 1999). As quatro equações de Maxwell, escritas sob sua forma diferencial, são:

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (I)$$

$$\nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (II)$$

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial B}{\partial t} \quad (\text{III})$$

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (\text{IV})$$

As duas primeiras equações, que fornecem o divergente dos campos Elétrico e Magnético, são conhecidas como Lei de Gauss e, geralmente, são muito utilizadas em sua forma integral. A equação (III), conhecida também como Lei da indução, ou Lei de Faraday da Indução, fornece matematicamente o rotacional do campo elétrico. A equação (IV), também conhecida como Lei de Ampère, na realidade foi apenas corrigida por Maxwell que introduziu, ao segundo membro da equação, um termo para corrigir distorções provocadas pela indução magnética (NUSSENZVEIG, 1999).

Os operadores que aparecem nas equações (∇ .) “divergência” e ($\nabla \times$) “rotacional”, são operações próprias de um campo vetorial, assim como Gradiente e o Laplaciano. O campo vetorial, como o próprio nome sugere, pode ser entendido, grosso modo, como uma região no espaço em que cada ponto é definido por um vetor. O primeiro resultado disso é que esse espaço tem propriedades distintas de um espaço escalar (GRIFFITHS, 1999). Nesse sentido a definição de “Campo” (tanto elétrico quanto magnético) ganha uma acuidade tanto sob o aspecto matemático quanto sob o aspecto da interpretação física.

Juntando todo o percurso histórico, e esforço necessário para estruturar o conceito de campo que temos hoje, podemos assumir seguramente que ensinar o conceito de campo, e tudo que deriva dele, exige um esforço extra do professor de Física. Para alguns autores (BARBETA e YAMAMOTO, 2002, PIETROCOLA, 2002) os problemas de ordem conceitual, apresentados pelos alunos no ensino superior, são determinantes para o insucesso na tentativa de resolver problemas. Além disso, os autores defendem que a física e a matemática estão profundamente relacionadas, e que os conhecimentos matemáticos têm influência na compreensão dos conceitos físicos. Uma vez que grande parte dos conceitos físicos é baseada em modelos

matemáticos, o diálogo entre as duas áreas tende a produzir efeitos positivos no ensino de física. É essencial para um aluno do curso de licenciatura em física, na qualidade de futuro professor, identificar as condições e suposições conceituais que estão implícitas na situação-problema de uma questão e, com base nessa análise, selecionar as ferramentas necessárias à solução do problema.

Mesmo que um aluno tenha determinado corretamente a forma de resolver um problema, ele ainda precisa dominar as ferramentas necessárias para resolvê-lo. Na falta de um dos requisitos, o problema não será resolvido. De acordo com Pietrocola (2002), a relação entre o conhecimento matemático e físico vai muito além de uma mera dependência mecânica, conhecimento matemático possui também o papel de aperfeiçoar a compreensão de modelos e conceitos físicos de forma dialética.

2.2 O EPISÓDIO HISTÓRICO – PADRE LANDELL DE MOURA

O episódio histórico científico selecionado para motivar as ações desse trabalho é a ocasião da invenção e teste do primeiro dispositivo capaz de transmitir sons através de ondas eletromagnéticas.

Fato pouco conhecido entre os alunos, e população em geral, é que a façanha de construir o primeiro (*ou um dos primeiros*) rádio transmissor *wireless* pertence a um brasileiro, inclusive com patentes registradas no Brasil e Estados Unidos. Monsenhor Roberto Landell de Moura é o homem que protagoniza esse episódio. A figura 5 é uma réplica exata do equipamento desenvolvido por Landell de Moura.



Figura 5: Réplica do equipamento de Landell.⁹

Landell de Moura nasceu em 21 de Janeiro de 1861, na rua conhecida na época como Rua Bragança, na cidade de Porto Alegre. Ali ele, mais tarde, se tornaria pároco até seu falecimento.

Landell de Moura estudou no Colégio dos Jesuítas, em São Leopoldo, cidade próxima a Porto Alegre, capital do Rio Grande do Sul. Fez o curso de humanidades, conhecido na época como Clássico, equivalente ao Ensino Médio, hoje em dia. Em 1879, Landell de Moura transferiu-se para o Rio de Janeiro, para estudar na Escola Central, antiga Academia Real Militar, fundada em 1792, por ordem de Dona Maria I, Rainha de Portugal, com o nome de Real Academia de Artilharia, Fortificação e Desenho, e hoje com o nome de Instituto Militar de Engenharia (IME). Aparentemente, ele se empregou em um armazém de secos e molhados para custear sua estadia na capital do Império (ALENCAR, 2003).

Landell de Moura exercia o sacerdócio e, simultaneamente, realizava experimentos com o objetivo de desenvolver um aparelho que pudesse transmitir a voz sem a necessidade de fios. Durante toda sua trajetória como pesquisador ele não contou com nenhum incentivo por parte do governo ou qualquer outra entidade, além disso, enfrentou preconceito e resistência por parte da igreja, e seus integrantes, com a alegação de que sua busca por compreender a ciência seria incompatível com sua vida religiosa.

Até o desenvolvimento completo de sua pesquisa Landell enfrentou, inclusive, a fúria de extremistas que invadiram seu laboratório e destruíram seus equipamentos, simplesmente pelo fato de discordarem de sua posição enquanto pesquisador e religioso. Durante um tempo permaneceu inclusive afastado de suas atividades como padre, a figura mostrada no Apêndice I é uma cópia da carta que escreveu pedindo afastamento. Mesmo assim ele obteve com êxito três patentes de equipamentos que são capazes de transportar a voz humana a grandes distâncias sem a necessidade de fios.

No ano de 1878, juntamente com seu irmão Guilherme, Landell viajou para Roma para estudar no Colégio Pio Americano, onde estudou Filosofia, Teologia, Química e Física. Oito anos mais tarde retornou ao Rio de Janeiro e retomou seus estudos

⁹ Fonte: <http://www.landelldemoura.com.br/replica-transmissor/>

sobre a comunicação sem fio. Vale ressaltar que na época em que Landell viaja para estudar na Europa um ano antes do falecimento de James Clerk Maxwell, e nessa mesmo ano Heinrich Hertz se muda para Berlim para estudar na Universidade de Humboldt. Dentre alguns postulados que enunciou, alguns causaram estranhamento e até mesmo indignação, como por exemplo:

Dai-me um movimento vibratório tão extenso quanto a distância que nos separa desses outros mundos que rolam sobre nossa cabeça, ou sob nossos pés, e eu farei chegar minha voz até lá¹⁰.

Landell havia percebido, já nessa época, que as ondas eletromagnéticas¹¹, se propagavam em grandes distâncias e transportavam informação consigo. Entretanto mesmo com sua visão inovadora, Landell não obteve incentivo de nenhuma entidade governamental ou privada para a realização de sua pesquisa. Entretanto, em contradição a esse fato, o ano de ordenação de Landell, 1886, foi marcado por diversos acontecimentos importantes tanto no âmbito da social quanto da ciência, acontecia pela primeira vez, a predição do elemento químico Germânio assim como o isolamento do elemento flúor, também no mesmo ano Franz Ernst Neumann era laureado com a medalha Copley.

Como fruto dos seus estudos sobre as ondas lendelianas, o padre Landell enunciou alguns princípios, leis, que se destinavam a elucidar as propriedades das ondas que ele utilizava em seus experimentos, um dos seus princípios é citado por Almeida (2006):

Todo movimento vibratório que até hoje, como no futuro, puder ser transmitido através de um condutor poderá ser transmitido através de um feixe luminoso; e, por esse mesmo fato, poderá ser também transmitido sem o concurso desse agente (ALMEIDA, 2006, p. 22).

Ele se referia ao fato de que a luz, enquanto onda eletromagnética poderia ser utilizada para transportar a informação através do espaço. De forma que em um aparelho fosse transmitida uma informação com determinada característica, e em outro aparelho fosse recebido e decodificado esse sinal. Entretanto ele também

¹⁰ Última hora, Porto Alegre, 13 de novembro de 1924, p. 1.

¹¹ As ondas hoje amplamente conhecidas como ondas eletromagnéticas eram então chamadas de ondas *lendelianas*. Landell já havia postulado algumas propriedades para essas ondas.

alerta para a possibilidade de que essa informação pode ser transmitida por uma onda eletromagnética fora da faixa do visível (com comprimento de onda fora da faixa entre 400 nm e 740 nm).

Em outra ocasião Landell fez afirmações no que diz respeito à natureza da transmissão das ondas eletromagnéticas, de acordo com Almeida (2006, p.22) "Todo movimento vibratório tende a transmitir-se na razão direta da sua intensidade, constância e uniformidade dos seus valores ondulatórios e na razão inversa dos obstáculos que se opuserem à sua marcha de produção."

Nesta passagem Landell relaciona com grande precisão as variáveis implicadas na propagação de uma onda eletromagnética. Ele afirma que o alcance da transmissão é diretamente proporcional à intensidade do sinal, afirmação razoável e de fácil dedução. Entretanto é interessante ressaltar que, no trecho seguinte, Landell deixa dizer: "constância e uniformidade dos seus valores ondulatórios". Isso é um indicativo de que ele havia percebido que, mesmo que a onda eletromagnética passe por meios distintos, sua frequência permanece inalterada. Tanto isso é verdade que ele sabia que seu decodificador deveria captar a mesma frequência que foi gerada pelo transmissor.

Landell utilizou a ampola (Válvula) de Crookes para gerar pulsos de luz codificados, dentro do tubo de vidro eram geradas grandes diferenças de potencial e, conseqüentemente, ocorriam descargas elétricas gerando luz. Essas descargas excitavam uma pequena placa de selênio, que tinha propriedade foto-sensível. Essa válvula se assemelhava bastante da que foi desenvolvida por Lee de Forest em 1907, entretanto não era exatamente a mesma.

O padre Landell também deixou relatos escritos que, em mais de uma ocasião, citavam a possibilidade de transmitir imagens através das ondas eletromagnéticas. Ele chegou a iniciar o desenvolvimento alguns projetos que teriam como objetivo transmitir imagens, mas ele não conseguiu construir um dispositivo com essa finalidade. Entretanto, durante suas especulações acerca da transmissão de imagens, Landell investigou um fenômeno novo até então.

O efeito em questão é hoje conhecido como efeito Kirlian, descoberto acidentalmente em meados de 1939 por Semyon Davidovich Kirlian. Entretanto Landell deixou registros claros e específicos sobre sua pesquisa sobre esse fenômeno, três décadas antes como citado no texto de (ABATTE, 2012, p.80):

Do outro lado do Oceano Atlântico, no Brasil, no Estado do Rio Grande do Sul, na cidade de Porto Alegre, outro cientista derradeiramente definia através de longos estudos científicos, analisados metodicamente e minuciosamente através de fotos dos seus próprios dedos polegares e, posteriormente, através da foto do duo bioplasmático de um animal de pelo curto, posto em uma redoma de vidro, onde se extraiu o ar, através de uma bomba pneumática até que este expirasse iluminados sobre luzes adequadas, descritas em documento em uma teoria suporte para explicar o fenômeno que ele denominou de Perianto. Essa é a diferença, não só de tempo da descoberta, mas principalmente do fato de que a descoberta do fenômeno não foi acidental conforme o acontecido com o russo Kirlian. O cientista Pe. Landell sabia muito bem o que estava procurando e como era possível fotografar o espetacular fenômeno, então batizado por ele de Perianto.

Como citado anteriormente, Landell batizou o fenômeno de Perianto e estudou suas propriedades. O registro desses estudos pode ser encontrado nos manuscritos de Landell localizados no Instituto Histórico e Geográfico do Rio Grande do Sul. Em um dos manuscritos de Landell, datado de 32 anos antes da descoberta do efeito Kirlian, podemos encontrar sete observações acerca do fenômeno:

- (1) Todo o corpo humano está como que envolvido de um elemento de forma vaporosa, mais ou menos densa, segundo a natureza ou o estado do indivíduo ou ambiente em que ele se acha. Esse elemento quando adquire uma tensão capaz de vencer obstáculos que se opõe à sua expansão, escoo do corpo humano sob a forma de descargas disruptivas ou silenciosas, tal qual sucede com a eletricidade. E os fenômenos que nestas ocasiões se dão têm muita analogia com os elétricos estáticos e dinâmicos, com relação aos outros corpos semelhantes.
- (2) Pelo que cheguei à conclusão de que se trata de um fenômeno que constitui uma variedade dos fenômenos produzidos pela eletricidade ou pela causa da eletricidade, do calor, da luz, etc.
- (3) Em todo caso, para facilitar o estudo do elemento "R" que existe no corpo humano atribuo-o ao perianto, porque, como o seu nome está dizendo, ele é um efeito do elemento R, como a tensão elétrica é um efeito da eletricidade que se acumula envolta dos condutores.
- (4) Não posso atribuí-lo à eletricidade existente no corpo humano, porque, como veremos em outros lugares, se de um lado oferece muita analogia

com a eletricidade, por outro lado apresentava-se com certas e determinadas características que me obrigaram a distingui-lo, ou dar-lhe o nome de Perianto ao efeito e à causa do elemento “R”, isto é, da vida de relação entre o psiquismo superior e o inferior.

- (5) O perianto é por si invisível, mas por intermédio de certas luzes pode tornar-se visível e até mesmo ser fotografado, se usarmos e intercalarmos entre o corpo, cujo perianto se estuda, e a luz especial, uma prancha ou papel apropriado.
- (6) Um pequeno animal, preferivelmente de pelo curto, posto nestas circunstâncias e dentro de um tubo apropriado, se mediante uma máquina de vácuo, ver-se-á que, quando o animal permanecer quieto, em estado de agonia, que na prancha se desenhará, sob forma vaporosa a figura do animal. Ver-se-á mais que, ao expirar o mesmo, essa forma vaporosa elevar-se-á na prancha.
- (7) Poder-se-á ver também diretamente quando, mediante certas luzes, se puder conseguir o fenômeno da interferência de raios. E há casos em que, quando a condensação se torna bem densa, com certas e determinadas luzes, removendo o animal, no lugar em que ele se achava, permanecerá, por instantes, o seu perianto, formando um duo com ele, que, não raras vezes, em vez de se apresentar sob a forma branca vaporosa, se mostrará compacto e colorido, com as cores naturais do animal, devido também à luz. O que prova que o perianto é devido a uma vibração de um elemento mais sutil que o ar.

Em outra circunstância Landell se refere à luminescência que ele conseguiu fotografar e emanada dos seus polegares como uma “radioatividade humana”:

À causa da radioatividade dei o nome de estenicidade, para distingui-la da eletricidade, muito embora se assemelhem. Entre as irradiações emitidas pelos meus dedos polegares, há algumas dotadas de um poder indutor e de penetração. Esta radiografia, muito antes de entrar para o banho revelador, já mostrava os contornos e matizes produzidos pela radioatividade do corpo. Caso singular: esta mesma radiografia, depois de fixada e seca e examinada com o microscópio, mostrava um sem-número de pontos luminosos, os quais emitiam constantemente cintilações semelhantes às do radium. (LANDELL, [s.a], [s.p].)

Devido à inegável evidência das descobertas de Landell, atualmente o fenômeno é também chamado de efeito Landell-Kirlian.

Os principais fatores que conduziram à seleção desse episódio demonstram a grande relevância apresentada pelo episódio. Em primeiro lugar os eventos que culminaram na construção do dispositivo *wireless* evidenciam como se dá a construção do conhecimento científico, e mostram de forma clara as dificuldades reais encontradas por pesquisadores durante seus trabalhos.

Podemos perceber também que o episódio fornece muitos elementos para que o aluno reflita melhor sobre a natureza da ciência, exercício essencial para futuros profissionais do ensino de ciências. Como terceiro motivo, o episódio envolve conhecimentos e conceitos sobre física ondulatória e eletromagnetismo que são de extrema importância no aprendizado dos alunos. A compreensão do aparato utilizado por Landell não é trivial e envolve o conhecimento de diversos conceitos que vão além do eletromagnetismo. A habilidade em eletrônica de Landell impressiona quando conhecemos de perto o teor de seu trabalho.

A outra razão pela qual esse episódio foi escolhido reside no fato de que existe muito pouca valorização dos cientistas brasileiros, mesmo os livros didáticos e os materiais utilizados na escola trazem poucas (ou nenhuma) referências sobre as conquistas científicas nacionais. Acreditamos que aproximar o aluno da realidade do conhecimento científico.

Vale ressaltar que o nome de Landell foi veiculado em publicações e homenagens no exterior, fato pouco conhecido no meio acadêmico brasileiro. De acordo com Rodrigues (2015) no museu de radioamadorismo em Grafing, na Alemanha, existe uma grande seção dedicada ao padre e, inclusive, um diploma concedido aos membros do grupo de radioamadorismo que carrega como emblema o nome do padre, como mostra a figura 6.

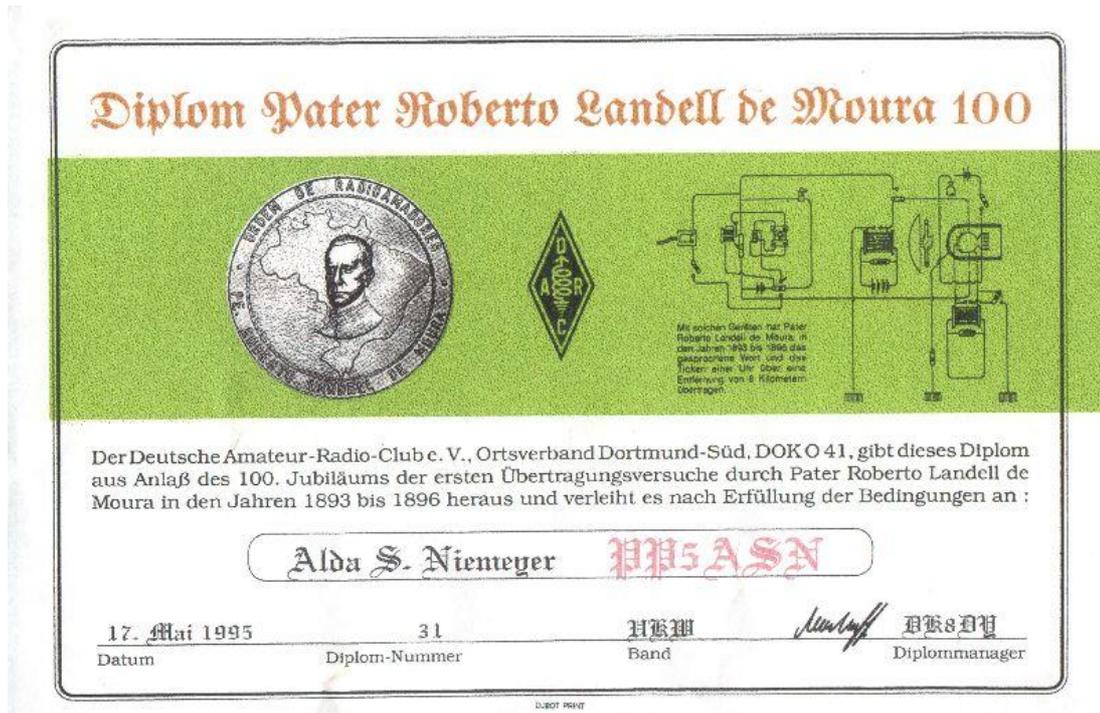


Figura 6: Diploma de radio amador. Fonte: <http://rlandell.tripod.com/aldadiploma.htm>

Ainda de acordo com o autor, também na Alemanha, existe outro grupo de radioamadores, Dortmund-Sud, no qual se destacam várias homenagens ao padre Landell. Entre elas várias matérias sobre o pioneirismo e a genialidade de Landell, além de uma edição de revista exclusivamente sobre ele, como mostra a figura 7.

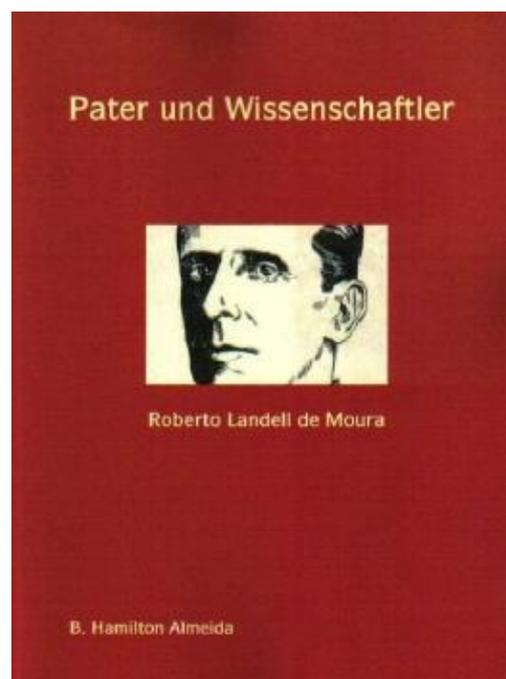


Figura 7: Capa de Livro sobre Landell. Fonte: <https://s3-eu-west->

1.amazonaws.com/cover.allsize.lovelybooks.de/9783937150017_1438970069000_xxl.jpg

Existe também, na Áustria, uma Ordem de radioamadores denominada Padre Landell de Moura. O jornal austríaco *Salzburger Nachrichten*, de 17 de Abril de 1991 publicou uma matéria enaltecendo o pioneirismo de Landell, cujo título era "A primeira voz no éter".

Outra obra internacional de homenagem ao padre cientista foi lançada em Portugal, na cidade do Porto, em 1982, sob o título de "Subsídios para saldar uma dívida", que tratava da vida e obra de Landell, a capa do livro está mostrada na figura 8.

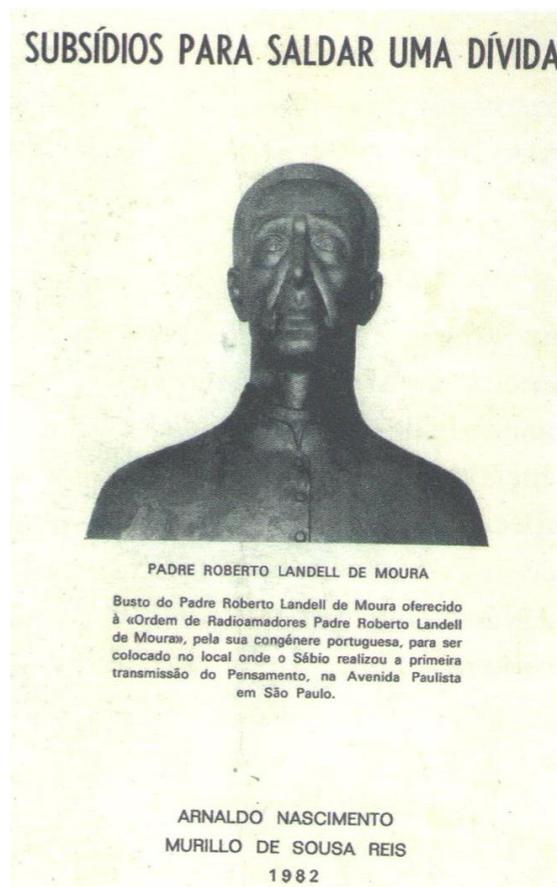


Figura 8: Capa de livro, Subsídios para saldar uma dívida.

Fonte: Pe. Landell de Moura: História documentada. Ivan Dornelles Rodrigues, 2015.

Esse livro, em particular, teve uma tiragem restrita de 1500 exemplares e uma única edição. Este livro traz textos escritos pelo próprio Landell, que foram utilizados nessa pesquisa, bem como transcrições de anotações do padre sobre seus inventos.

Outra revista internacional a homenagear Landell foi a revista Argentina do Radio

Clube Argentino que, em Abril de 2000, publicou uma matéria especial sobre o padre. Além disso, no ano de 1985 já havia sido lançado um livro sobre Landell intitulado *En el aire: la luz que habla*.

Landell de Moura faleceu no dia 30 de Julho de 1928, aos 67 anos de idade, no hospital Beneficência Portuguesa e, até hoje não recebe o devido reconhecimento à altura de seus feitos.

Grande parte das informações sobre Landell, bem como documentos, reportagens, manuscritos e réplicas de suas obras estão disponíveis no memorial Landell de Moura, em Porto Alegre. O curador do memorial é o autor do livro, já citado anteriormente, Ivan Dornelles Rodrigues. Em visita ao memorial, em Porto Alegre, tive o prazer de me encontrar e conhecer o autor, como está registrado na figura 9:

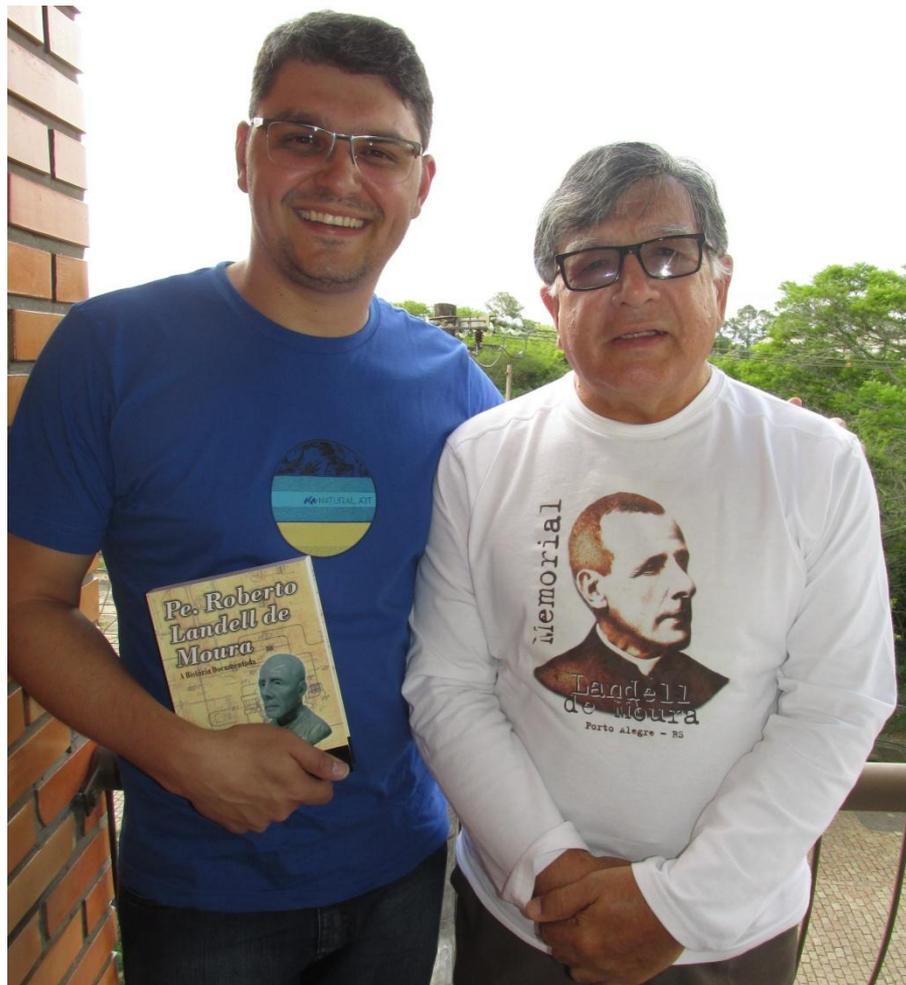


Figura 9: Tiago Destéffani e Ivan Rodrigues (PY3 IDR), porto alegre. Fonte: Autor.

Um estudo mais aprofundado sobre o pioneirismo da transmissão *wireless* revelou

que não é uma tarefa simples, e talvez nem mesmo possível, afirmar categoricamente quem foi o pioneiro. Em um intervalo de tempo muito pequeno, diversos pesquisadores, de diversos países diferentes, se dedicaram à mesma tarefa.

Além de Landell outros cientistas estudaram sobre transmissão de ondas e/ou desenvolveram equipamentos de transmissão de sinais podemos citar, Mahlon Loomis, Heinrich Rudolf Hertz, Édouard Branly, Nikola Tesla, Oliver Joseph Lodge, Guglielmo Marconi e Aleksander Stepànovich Popov.

Embora alguns desses cientistas tenham conseguido patentes de seus equipamentos antes de Landell, como, por exemplo, Marconi, existem alguns motivos pelos quais um grupo extenso de pessoas atribui o pioneirismo à Landell.

Em primeiro lugar, os equipamentos patenteados por outros cientistas são extremamente rudimentares se comparados ao de Landell, apresentando muitas limitações e condições para seu funcionamento, em segundo lugar alguns desses equipamentos não transmitiam a voz, mas sim sinais que apenas permitiam a comunicação por código Morse¹².

Outro fato que pode ser levado em consideração é que existem jornais e relatos da época na qual Landell fez a demonstração pública de seu equipamento, muitos anos antes de conseguir de fato a patente.

Se levarmos em consideração esses fatores, especialmente a data na qual Landell demonstrou publicamente seu transmissor, a linha do tempo dos eventos relacionados à transmissão de sinais ficaria de acordo com a figura 10:

¹² O Código Morse é um sistema de representação de letras, algarismos e sinais de pontuação através de um sinal codificado enviado de modo intermitente. Foi desenvolvido por Samuel Morse em 1835, utilizando-se de um dispositivo que utiliza correntes elétricas para controlar eletroímãs que atuam na emissão e na recepção de sinais.

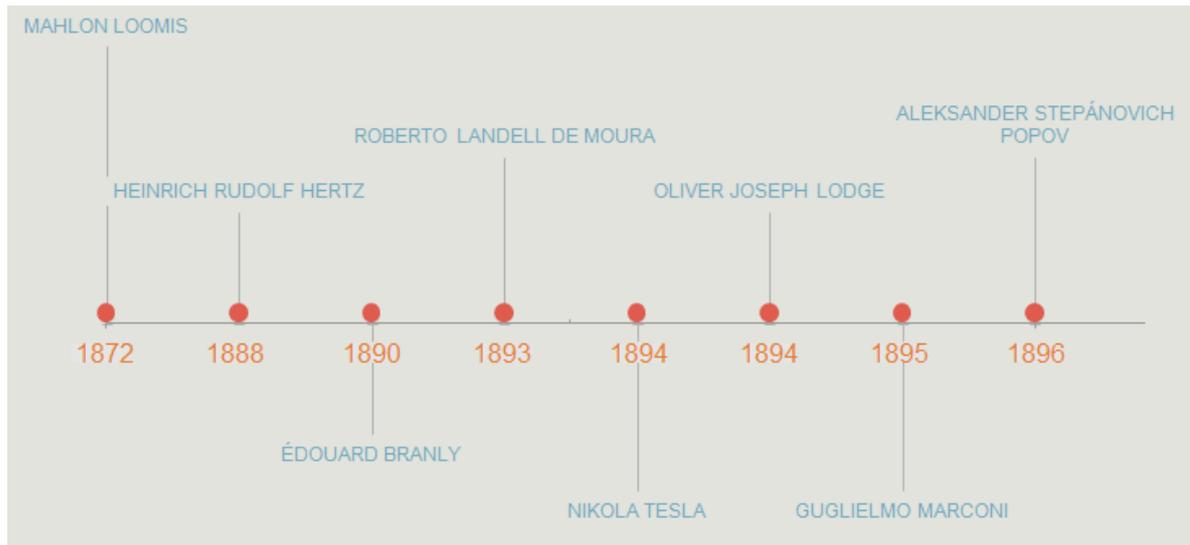


Figura 10: Linha do tempo das pesquisas sobre transmissão de sinais eletromagnéticos
(Elaborada pelo autor, 2017)

Dessa perspectiva, três nomes apareceriam antes de Landell: Loomis, Hertz e Branly. Loomis foi um dentista americano afirmou ter enviado um sinal elétrico, por meio de um experimento com pipas, sem identificar as testemunhas, teoricamente confirmando em 1872 a possibilidade de uma transmissão *wireless*.

Seu experimento e conclusões são tão rudimentares, que seu trabalho é reconhecido, quase que exclusivamente, apenas nos EUA.

Hertz foi um físico alemão que forneceu grandes avanços no que diz respeito à compreensão das ondas eletromagnéticas, foi ele que comprovou algumas das previsões matemáticas feitas anos antes, por Maxwell, em relação ao comportamento das ondas eletromagnéticas. Embora, em 1888, Hertz tenha construído um equipamento para verificar a transmissão das ondas eletromagnéticas, ele não construiu um equipamento capaz de transmitir a voz humana por meio dessas ondas, mesmo porque esse nunca tinha sido seu objetivo de pesquisa.

Branly, um físico francês, é reconhecido pela sua contribuição no desenvolvimento da telemeccânica, ele construiu em 1890 um *radiocondutor*, um coesor baseado em um tubo de filamento, que era capaz de captar as ondas eletromagnéticas e transformá-las em um sinal sonoro, para o recebimento de mensagens em código Morse, mais tarde esse equipamento seria utilizado por Marconi em seu próprio equipamento.

Dessa forma a demonstração feita em São Paulo, por Landell, documentada em um jornal da época, teria sido a primeira demonstração de um equipamento capaz de

transmitir e receber a voz humana, sem fios, a grandes distâncias. Entretanto Landell encontrou muita dificuldade e nenhum apoio para sua pesquisa, por esse motivo só conseguiu as patentes anos depois dessa data, tempo o suficiente para Marconi, que recebia total apoio e financiamento, fazê-lo antes.

3 Procedimentos metodológicos

Trazemos nesse capítulo uma relação das atividades que foram desenvolvidas nessa pesquisa. Também foi incluído nesse capítulo uma descrição sobre a importância de cada uma dessas atividades para a pesquisa, bem como o posicionamento teórico que justifica a escolha das mesmas.

Após pesquisa e aquisição de material sobre o episódio histórico selecionado, foi estruturado um plano de aplicação para dois semestres letivos em uma turma de licenciandos em física. O primeiro semestre da pesquisa consistiu em um trabalho de levantamento de concepções prévias, pois de acordo com Ausubel (2003), o conhecimento prévio do indivíduo é o fator mais importante do aprendizado. O segundo semestre da pesquisa se baseou na aplicação de estratégias de ensino, incluindo o estudo do episódio histórico.

Para o desenvolvimento dessa pesquisa, de caráter qualitativo, foi adotada a postura de pesquisa ação, no âmbito defendido por (BROWN; DOWLING, 2001, p. 152) em que a “pesquisa-ação é um termo que se aplica a projetos em que os práticos buscam efetuar transformações em suas próprias práticas”.

Nesse sentido Tripp (2005, p.443) complementa que existem cinco modalidades de pesquisa ação e que, embora elas compartilhem algumas características centrais, apresentam também algumas nuances distintas. Esse trabalho, em particular, se enquadra na categoria de pesquisa ação que apresenta um ciclo temporal definido, que, no caso, foi ditado pelo cronograma da aplicação da pesquisa de doutorado.

Antes de iniciar o trabalho na turma foi realizado um levantamento do perfil dos alunos de forma a ajudar na compreensão da natureza dos fatores que podem influenciar a construção de suas representações de significados científicos. As ações da pesquisa foram observadas, gravadas e anotadas durante o decorrer da aplicação da pesquisa, mediante a devida autorização da instituição de ensino e dos estudantes. O questionário utilizado para ajudar no levantamento se encontra no Apêndice II.

O conceito de campo elétrico é fundamental para a compreensão do fenômeno eletromagnético envolvido no estudo do episódio histórico abordado nesse trabalho. Dessa forma esse foi o conceito de maior interesse durante a sondagem do primeiro

semestre. Os principais instrumentos de pesquisa utilizados no decorrer do primeiro semestre foram gravações, questionários, análise de atividades escritas e observação.

3.1 DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

As ações do primeiro semestre consistiram na aplicação de questionários para levantamento de informações como a idade dos participantes, interesse em participar da pesquisa, interesse sobre o curso de física, conhecimentos prévios sobre conceito de campo entre outras informações.

Um aspecto importante que foi investigado diz respeito às representações dos alunos em relação às disciplinas de didática e ensino. Através da análise de todas essas informações fomos capazes de traçar um perfil mais detalhado dos alunos, o que nos permitiu realizar uma análise dos resultados em maior profundidade.

A análise dos materiais coletados no primeiro semestre foi realizada com o auxílio da análise do conteúdo (BARDIN, 2011), análise do discurso (SILVA e FOSSÁ, 2015) e análise da argumentação (TOULMIN, 2001). Com a finalidade de separar as diferentes ideias contidas nos relatos dos alunos foi realizada uma leitura do material e, em seguida, um processo de categorização. A categorização é uma operação de classificação de elementos constitutivos de um conjunto por diferenciação e, em seguida, por reagrupamento segundo o gênero (analogia) (BARDIN, 2011, p.147)

A partir da análise das informações coletadas no primeiro semestre, foi planejada uma sequência didática para orientar as atividades do segundo semestre. Além de alguns encontros teóricos, o segundo semestre contou com três aulas práticas, sendo duas delas planejadas para fornecer subsídios e pré-requisitos para a terceira, que envolve o estudo do episódio histórico.

A aplicação sequência didática da segunda etapa ocorreu no período de 20/03/2017 a 10/05/2017, nas aulas da disciplina Estratégias de Ensino de física II. A turma participante era composta de 10 alunos, sendo oito do primeiro semestre acrescidos de outros dois que não estavam matriculados na primeira disciplina na ocasião da aplicação.

Seguindo o posicionamento metodológico, baseado na pesquisa ação, se mostrou necessário avaliar a participação e os conceitos prévios apresentados pelos alunos,

durante o primeiro semestre, para a elaboração da sequência didática do segundo semestre. De acordo com Tripp (2005, p. 455) a reflexão sobre a prática consiste em um dos principais fundamentos da pesquisa ação.

Levando esses fatores em consideração foi planejada uma Sequência Didática para organizar as atividades a serem desenvolvidas com os alunos, de acordo com Delizoicov (1990) uma sequência didática pode ser estruturada através de três momentos pedagógicos, Problematização (*P*), Organização do Conhecimento (*O*) e Avaliação (*A*). Baseado nesses critérios os encontros foram planejados de acordo com a tabela 2:

Tabela 2: Estrutura da Sequência Didática e atividades desenvolvidas

Momento pedagógico (MP)	Carga horária (horas)	Atividades desenvolvidas
P	02	Ambientação com a turma, apresentação do plano de trabalho e exposição teórica.
		Discussão sobre tecnologia, história no ensino de física e história da eletricidade.
O	10	Aula prática sobre circuitos simples
		Aula prática sobre arduino e suas aplicações no ensino de física
		Estudo de episódio histórico Landell, aula prática sobre circuitos transmissores.
A	04	Avaliação através de relatórios experimentais e gráficos.
		Avaliação por meio de questionários.
		Acompanhamento de aplicação da estratégia, questionários e montagem de protótipo.

No decorrer da aplicação do trabalho foram desenvolvidas duas aulas práticas antes de realizar o estudo do episódio histórico do padre Landell, a primeira aula prática, sobre circuitos simples, tinha como objetivos analisar os conhecimentos prévios dos alunos sobre o tema, bem como analisar suas habilidades com manejo prático para

a aplicação do estudo do episódio histórico. Além disso, tinha também como objetivo avaliar as representações dos alunos em relação à inclusão de aulas práticas como alternativa viável no ensino de física.

Os dados sobre a participação e avaliação dos alunos na primeira atividade foram coletados a partir de diferentes formas. Utilizou-se um questionário, o qual foi analisado à luz da análise de conteúdo (BARDIN, 2011). Outro meio de coleta de dados, sobre o aprendizado de conceitos abordados, foi a elaboração de gráficos e a observação direta dos alunos durante a aula. Vale ressaltar que, em conformidade com Ausubel (2003), os conhecimentos prévios dos alunos foram devidamente levantados e levados em consideração como parte importante do aprendizado.

A segunda prática desenvolvida teve como pré-requisito o conhecimento de circuito simples, por esse motivo a prática anterior se mostrou necessária. Essa segunda aula foi sobre micro controlador lógico programável, nesse caso o Arduino¹³. A segunda prática possuiu um caráter de dupla abordagem, ao mesmo tempo em que o Arduino foi tratado como objeto de estudo, ele também foi utilizado para desenvolver uma prática clássica da física, o estudo do movimento de um pêndulo simples.

Nesse experimento os alunos puderam conhecer elementos mais complexos de um circuito, isso foi necessário, pois na etapa seguinte, o estudo do episódio histórico, os alunos iriam precisar de mais alguns conhecimentos para o desenvolvimento do protótipo do transmissor. Essa postura foi adotada para aumentar as chances de, como prevê Ausubel (2003), o aluno possa ter elementos subsunçores em sua estrutura cognitiva que possam servir de base para aprender novos conceitos.

O primeiro encontro, teórico, com a turma consistiu em uma conversa sobre o projeto, os anseios dos alunos e suas expectativas em relação ao curso. Durante esse primeiro encontro foi apresentado aos alunos o plano de trabalho da sequência didática, bem como foram estabelecidas as formas de avaliação e aplicação durante o período de trabalho.

Percebeu-se que os alunos se mostraram interessados em relação à apresentação

¹³ Arduino, é uma plataforma de prototipagem eletrônica de hardware livre, projetada com um microcontrolador Atmel, uma linguagem de programação essencialmente C/C++. O objetivo do projeto é criar ferramentas que são acessíveis, com baixo custo, flexíveis e fáceis de se usar por artistas e amadores. Principalmente para aqueles que não teriam alcance aos controladores mais sofisticados e de ferramentas mais complicadas. (Fonte: <https://pt.wikipedia.org/wiki/Arduino>)

dos tópicos em relação a tecnologia, história no ensino de física e história da eletricidade. Foram explanados temas gerais sobre os assuntos, de forma a instigar a curiosidade e o interesse dos licenciandos, bem como fornecer um subsídio para o contexto do desenvolvimento da pesquisa. Ainda de acordo com Delizoicov (1990), esses são pontos fundamentais do momento pedagógico *Problematização*.

Para a orientação dos alunos no estudo do episódio foi apresentado material de pesquisa de fontes primárias, alguns desses materiais são esquemas de circuitos de Landell. A figura 11 exemplifica um dos esquemas disponíveis para utilização no trabalho.

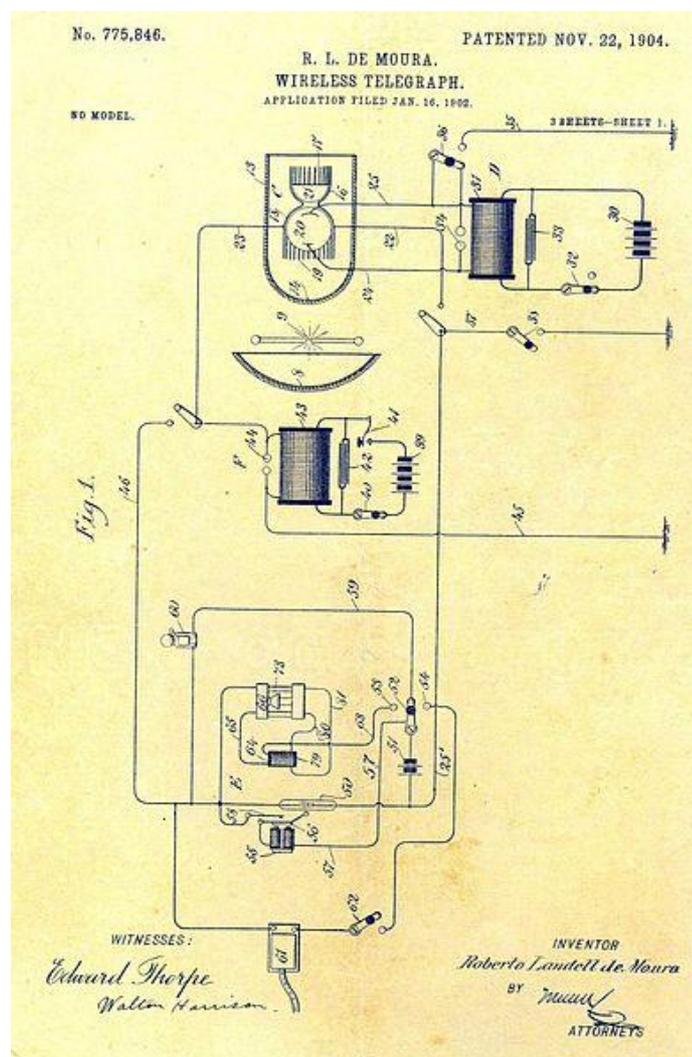


Figura 11: Ilustração da primeira folha da patente número 775.337.¹⁴

Após o segundo semestre de observação obtivemos um panorama geral sobre o desenvolvimento das atividades e também pudemos estimar os reflexos do estudo

¹⁴ Fonte: www.memoriallandelldemoura.com.br

do episódio histórico no aprendizado dos alunos. As informações necessárias para essa finalidade foram obtidas através de questionários, gravações, atividades e gráficos elaborados pelos alunos bem além das inferências que o próprio pesquisador, enquanto participante ativo no processo de construção de conhecimento do aluno e apoiado nas teorias que sustentam o trabalho pôde realizar durante o desenvolvimento do trabalho. Para a análise desses dados foi adotada a técnica de análise do conteúdo (BARDIN, 2011), a análise da argumentação (TOULMIN, 2001) e análise de discurso (ORLANDI, 1997), aplicada aos documentos e relatos dos alunos. Essas diferentes abordagens se mostraram necessárias devido à natureza do conhecimento que foi avaliado. Embora todo o projeto ter sido aplicado visando a negociação de significados, consideramos que, como prevê Ausubel (2003), a aprendizagem significativa apresenta caráter substancial. Por essa razão julgamos de grande importância analisar também o discurso dos alunos, com a finalidade de delinear melhor suas representações sobre os conceitos.

Como parte significativa da avaliação dos alunos na disciplina em que o projeto foi inserido, no fim do segundo semestre os alunos foram levados a elaborar um material didático, um circuito transmissor FM motivado pelo estudo do episódio histórico, para que possa ser utilizado por no Ensino de Ciências em suas futuras aulas.

Essa experiência faz parte do estudo do episódio histórico, uma atividade prática para reproduzir um dispositivo semelhante ao estudado, como uma forma de consolidar o estudo do episódio histórico como uma possibilidade de estratégia em suas futuras carreiras como docentes.

3.2 LOCAL DA PESQUISA

Foram selecionados alunos do terceiro período do curso de licenciatura e física da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). A universidade está localizada na Avenida Alberto Lamego, na cidade de Campos dos Goytacazes - RJ.

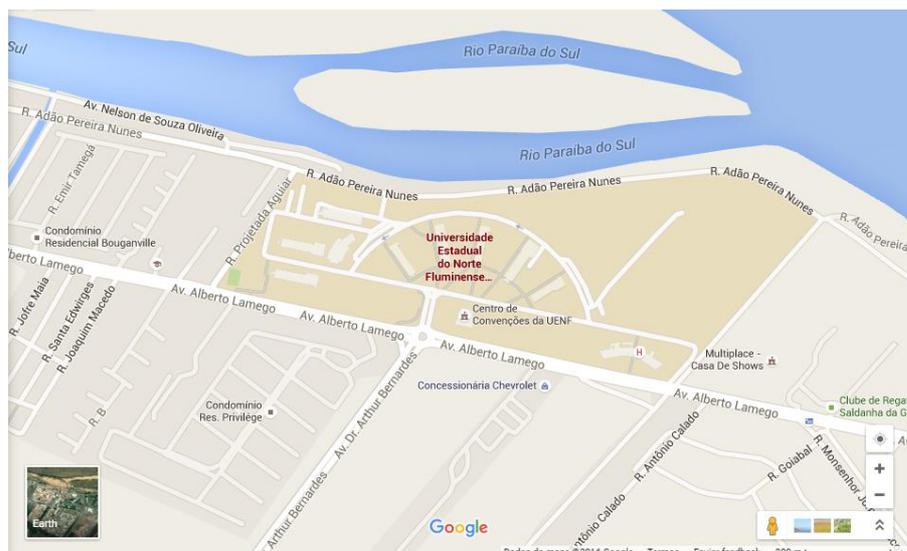


Figura 12: Localização: UENF. Fonte: Google Maps.

A lei que autorizava a criação da UENF foi sancionada pelo então governador Moreira Franco, no dia 08 de novembro de 1990. No ano seguinte o decreto 16.357 aprovaria o estatuto da UENF e traria possibilidade para início do desenvolvimento do projeto. A universidade leva o nome de Darcy Ribeiro devido ao fato de ter sido ele um dos principais defensores do projeto de criação e concepção da Universidade. Ainda sobre o início da história da Universidade:

O processo de implantação da UENF começou efetivamente em 23 de dezembro de 1991, quando o decreto n.º 17.206 instituiu, junto à Secretaria Extraordinária de Programas Especiais, a Comissão Acadêmica de Implantação. Em 10/12/1992, foi aprovada a Lei número 2.043/92, de autoria do deputado Fernando Leite Fernandes, criando a Fundação Estadual Norte Fluminense, com a missão de manter e desenvolver a Universidade Estadual do Norte Fluminense e implantar e incrementar o Parque de Alta Tecnologia do Norte Fluminense.¹⁵

Atualmente a UENF é reconhecida pela sua marca enquanto instituição que possibilita a pesquisa e extensão com excelência. Essa característica é dada, principalmente, pelo fato de que todos os professores da universidade possuem doutorado. A universidade atende, em nível de graduação, um quantitativo de aproximadamente cinco mil alunos¹⁶, sem contar o grande quantitativo de alunos de pós-graduação. O curso de licenciatura em física da UENF é oferecido no período

¹⁵ <http://www.uenf.br/portal/index.php/br/historia-da-uenf.html>

¹⁶ <http://uenf.br/reitoria/secacad/graduacao/dados-estatisticos/>

noturno, e foi criado em 2000.

4 Resultados do Primeiro Semestre

Neste capítulo serão abordados os resultados obtidos na sondagem do primeiro semestre, trazemos aqui as análises do material escrito dos alunos, a forma como esses materiais foram analisados e ainda como esse resultado impactou no planejamento das atividades do segundo semestre. Foi realizado um levantamento do perfil dos sujeitos da pesquisa e foram realizadas observações e anotações sobre os aspectos principais do grupo estudado.

O primeiro semestre de acompanhamento dos alunos que participaram da pesquisa ocorreu no primeiro semestre letivo de 2015, na ocasião a turma contava com nove alunos que frequentavam a disciplina de Estratégias de Ensino I.

Na primeira semana de aula foi apresentado o plano de disciplina e foi perguntado aos alunos se eles gostariam participar da pesquisa. Após um contato inicial com os alunos, foi aplicado um questionário (Apêndice II) com o intuito de estabelecer um perfil aproximado dos alunos. O primeiro semestre da aplicação da pesquisa se dedicou a realizar um levantamento das representações, concepções, conceitos prévios em relação a alguns conceitos específicos (como o de campo elétrico).

Ao aplicar o questionário verificou-se que a idade média dos alunos era de 21 anos, sendo que a maioria dos alunos tinha idade de 19 anos. Dos alunos participantes apenas um tinha experiência como docente, outros dois tiveram uma curta experiência como bolsistas do programa PIBID¹⁷ e os demais não tinham tido nenhuma experiência como docente. Ao analisar esse perfil podemos inferir que o conhecimento dos saberes docentes dos alunos, em geral, se baseia muito em suas próprias experiências como alunos, uma vez que não possuem sua própria prática enquanto docentes.

Quando perguntados quais os motivos que os levaram a escolher a carreira de docente em física, dois alunos admitiram que se identificavam com a disciplina no ensino médio e gostariam de se tornar professores. Os demais alunos assumiram que aproveitaram a oportunidade de ingressar no curso de física devido ao simples fato de que o curso é de fácil acesso, entretanto, inicialmente, gostariam de ter feito outros cursos. Podemos exemplificar esse fato através da transcrição da resposta de

¹⁷ Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência. Fonte: <http://portal.mec.gov.br/pibid>

um dos alunos:

Aluno 1: “Na verdade entrei na Física com o intuito de mudar para engenharia mas acabei gostando do curso e pretendo terminá-lo”

Nesse mesmo sentido podemos transcrever outro exemplo vindo de outro aluno:

Aluno 2: “A princípio não era meu objetivo. Foi o curso com a grade mais próxima da engenharia que eu queria, já que até então não havia conseguido entrar para o curso que almejava. Mas acabou que consegui passar para engenharia ambiental (UFTM) e engenharia de materiais (UFRRJ), mas optei por continuar na Física até me formar.”

Ao analisar as falas dos alunos podemos encontrar um elemento comum alarmante: o fato de que a maioria deles na verdade não tinha interesse prévio pela carreira docente. Em sua pesquisa (GOBARA, 2007) reflete sobre a grande evasão nos cursos de física, e a pouca valorização do profissional, junto com as condições de trabalho geralmente precárias podem ser fatores decisivos nessa decisão dos alunos.

Foi perguntado aos alunos quais seriam as contribuições que eles esperariam da disciplina Estratégias de Ensino I, para sua formação enquanto professor. Podemos separar as respostas em dois grupos. De acordo com (BARDIN, 2004) a categorização dos dados de acordo com os núcleos de significação nos permite realizar uma análise mais detalhada do conteúdo. O primeiro grupo, de seis alunos, se ateve a responder que esperava que a disciplina contribuísse com o aprendizado de estruturação de aulas, organização e apresentação de conteúdos. Enquanto que outro grupo de alunos, além desses elementos, incluiu em sua resposta que acreditava que a disciplina poderia contribuir com a inclusão de teorias pedagógicas e técnicas de ensino. Podemos exemplificar o primeiro grupo através da fala de um aluno:

Aluno 2: *“Contribua para melhor estruturar minhas futuras aulas, as tornando mais interessantes e produtivas”.*

De acordo com Orlandi (1997, p.60) ao analisar um discurso coloca-se em uma posição deslocada que lhe permite contemplar o processo de produção de sentidos em suas condições. Dessa forma, sob uma das possíveis perspectivas de análise, podemos inferir que para esse grupo acredita que um bom professor é aquele que estrutura de forma eficiente sua aula para obtenção do seu objetivo.

Para representar o outro grupo de alunos podemos transcrever outra resposta, apresentada a seguir:

Aluno 4: *“Na parte de como trabalhar uma boa aula, e como trabalhar os conteúdos utilizando as técnicas embasadas nas teorias pedagógicas, um bom professor tem que ter boa didática”.*

Através das respostas dos alunos podemos perceber que os alunos compreendem que há uma necessidade de aprofundamento no que seriam os saberes docentes. Identificado esse ponto e estrutura da pesquisa sofreu algumas pequenas alterações, com a finalidade de fomentar um debate sobre os saberes docentes. Essa alteração se justifica pelo fato de que, uma das características da pesquisa ação (TRIPP, 2005, p. 456), é remodelar a estratégia de trabalho baseado nas relações com o grupo pesquisado.

Os alunos foram perguntados sobre o que gostariam (e de que forma) que fosse abordado na disciplina Estratégias de Ensino I. Neste item as respostas tiveram um elemento unânime: as diferentes formas de como explicar, abordar, trabalhar um conteúdo com os alunos. Outros elementos que se repetiram com frequência foram; sobre como fazer o planejamento das aulas e sobre como tornar as aulas de física mais interessantes. Entretanto foram identificadas algumas particularidades, como na resposta transcrita a seguir:

Aluno 3: *“Gostaria que fosse abordado as formas de passar um conteúdo*

aparentemente difícil, as formas de deixá-lo simples e compreensível para os estudantes. A forma dessa abordagem poderia ser expositiva e com aplicações de exercícios”

Percebemos na resposta do Aluno 3 que ele se refere à transposição didática, mesmo sem conhecer a expressão. Nesse ponto percebemos que havia necessidade de se introduzir um breve debate sobre o tema, e foi elucidado aos alunos o conceito básico de transposição didática, a fim de compartilharmos dos mesmos signos. De acordo com Moreira (2012) é necessária uma negociação de significados para que ocorra um aprendizado mais eficiente, bem como uma melhor avaliação dos conceitos.

Esse elemento presente na resposta do aluno evidencia uma reflexão mais aprofundada, que indica certa consciência sobre os desafios que ele vai enfrentar enquanto professor, visto que a transposição didática, no caso da física, deve ser realizada com cautela. Entretanto quando o aluno responde à segunda parte da pergunta, que se referia às formas de abordagem da disciplina, ele escreve que a abordagem poderia ser expositiva e com aplicação de exercícios.

A controvérsia evidente no discurso do Aluno 3 passa pelo desejo de modificação do processo ensino-aprendizagem e, ao mesmo tempo, pela sugestão de práticas tradicionais. Ora, obviamente o aluno não poderia sugerir algo que desconhece. Como citado anteriormente, a maior parte do conhecimento sobre a prática docente desses alunos provém de suas experiências enquanto alunos. Dessa forma é aceitável que eles apresentem uma tendência a reproduzir o que, com eles, deu certo.

A sétima, e última, pergunta do questionário convidava aos alunos que escrevessem quais são as principais características e habilidades que deve possuir um bom professor de física. Nas respostas o elemento constante foi o conhecimento específico do conteúdo, que é realmente uma característica necessária, mas não suficiente, para uma prática docente bem sucedida.

As respostas apresentadas pelos alunos para essa pergunta não puderam ser categorizadas, pois, surpreendentemente, retirando-se o fator comum citado anteriormente, todas as respostas apresentaram elementos distintos. Em algumas respostas foi citada a habilidade de aprender com os alunos, de ter paciência,

criatividade, didática, amor pelo magistério, boa comunicação, saber resolver exercícios, saber avaliar os alunos etc.

A partir desse questionário, respondido na primeira aula, podemos levantar o perfil e as representações dos alunos sobre alguns aspectos do curso e da prática docente. De acordo com Ausubel (2003) a identificação dos elementos que compõem as estruturas mentais possibilitam fornecer um panorama sobre os conhecimentos subsunçores que poderão desencadear o aprendizado.

Na segunda semana de aula foi apresentado um questionamento aos alunos, tendo em vista a provocação inicial realizada na primeira aula sobre os saberes docentes. No início da aula foi apresentado e debatido de forma breve o livro de Paulo Freire sobre os saberes docentes, e foram apresentados aos alunos alguns dos saberes que Freire considera indispensáveis para a prática docente. Posteriormente foi entregue aos alunos o questionamento a seguir.

Você, enquanto estudante de física, com certeza enxerga a importância das matérias que cursou ou está cursando para sua formação enquanto professor. Entretanto, para cada um, cada disciplina apresenta uma contribuição diferente de outra. Em relação ao currículo do curso de física, quais são em sua opinião os pontos positivos e negativos? Quais seriam as sugestões que você faria em relação ao currículo do seu curso?

O objetivo inicial desse questionamento foi levantar a discussão sobre os saberes docentes, mais explicitamente sobre o currículo. Essa questão também possuiu o propósito de conduzir os alunos a tomarem consciência e analisarem suas próprias representações acerca do curso. Não houve limite de tempo para responder ao questionamento, não foi necessária a identificação dos alunos e não houve direcionamento sobre a forma como deveriam responder. Mesmo sem haver exigência da quantidade de palavras na resposta, cada aluno escreveu, no mínimo, uma lauda sobre o assunto questionado. Alguns alunos, mesmo sendo orientados que não era necessário, se identificaram em seus textos.

Analisando os textos produzidos pelos alunos percebemos que não existiram unanimidades em relação aos pontos positivos e negativos do currículo do curso. Não houve um padrão no qual podemos categorizar, ou mesmo agrupar, as falas dos alunos. De acordo com Bardin (2011, p147) a categorização poderia ocorrer em razão da característica da similaridade na estrutura semântica, o que não foi

detectado nesse caso. Como pontos positivos foram citados: a relação da carga horária do curso, a boa formação teórica, as aulas de laboratório, a boa formação matemática e as disciplinas pedagógicas. Como pontos negativos foram citados: pequena quantidade de professores, falta da modalidade bacharelado, falta de abordagens teóricas diferenciadas, pouca oferta de optativas e perda de tempo com disciplinas pedagógicas.

A procura por consensos, ou similaridades, em opiniões cedeu lugar às controvérsias. Como podemos observar as disciplinas pedagógicas¹⁸ foram alvos de elogios e críticas pelos estudantes. Dois alunos se manifestaram sobre essas disciplinas de forma negativa, enquanto um dos alunos sugeriu algumas modificações alegando que as disciplinas não estavam contribuindo como deveriam, o outro foi incisivo. Com a finalidade de facilitar a análise da representação desse segundo aluno vamos transcrever seu texto:

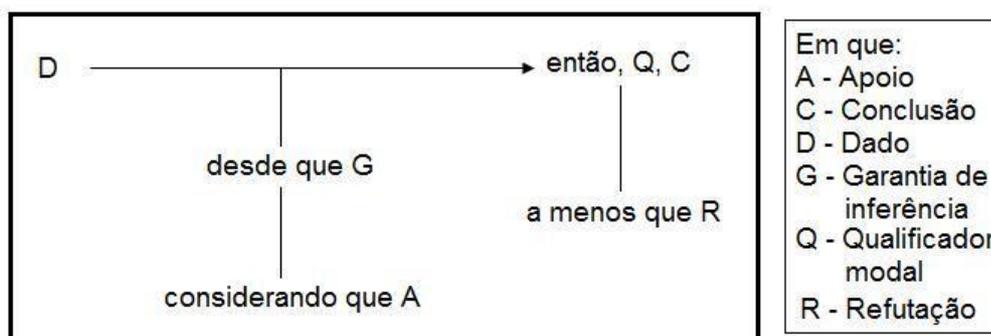
Aluno 2: “Em relação ao currículo do curso de Física, nota-se uma grande quantidade de disciplinas pedagógicas que abordam conceitos que na prática não funcionam mais nos dias de hoje. Perde-se muito tempo do curso com leituras enormes de pedagogos, filósofos e sociólogos que não colaboram em nada para a formação do professor, uma vez que ao chegar em sala de aula a realidade é outra. E esse seria um ponto negativo.

Já como ponto positivo, destaca-se as disciplinas específicas do curso, que trabalham muito bem o conteúdo do modo que ao se formar, a pessoa possa tanto dar aula para o ensino médio, quanto para um mestrado e trabalhar com pesquisa, devido a grande bagagem de conhecimento que adquiriu durante o curso.

Realizando uma análise no discurso desse aluno podemos destacar algumas inferências implícitas relevantes, de acordo com os elementos de negação do texto (ORLANDI, 1997). Ao declarar que se abordam conceitos [... *que na prática não funcionam mais nos dias de hoje.*], o aluno deixa claro sua representação de que um conceito possui uma dependência temporal, que determina sua utilidade (ou não).

¹⁸ De acordo com a análise das narrativas dos alunos entrevistados, a expressão “pedagógica” se refere não somente às disciplinas propriamente pedagógicas, mas incluem as disciplinas de história da ciência, filosofia da ciência e práticas pedagógicas. Ou seja, todas as disciplinas que não possuem exclusivamente conteúdos de física em sua ementa.

A generalização contida na sentença do aluno é recorrente em construção de uma argumentação incompleta. De acordo com (TOULMIN, 2001) o discurso argumentativo possui uma estrutura e, se os elementos que constituem essa estrutura são válidos, então o padrão completo do argumento também o é. A estrutura argumentativa, proposta por Toulmin, pode ser ilustrada pelo esquema a seguir:



Baseado nessa estrutura argumentativa padrão, podemos perceber a ausência de dois elementos fundamentais na argumentação do aluno: o Apoio e a Garantia de Inferência. Esses dois elementos são fundamentais para delimitar as condições *sine qua non* que tornam o argumento válido. A ausência desses dois elementos desqualifica o argumento, tornando-o vago e generalista, podendo ser facilmente refutado.

Outra interpretação, ainda do primeiro trecho destacado do texto do aluno, é sua identificação de uma possível paralaxe cognitiva¹⁹ que ocorre de forma generalizada na área de conhecimento da pedagogia. Entretanto pode-se perceber que esse traço contido em seu argumento, trata-se da reprodução do discurso de outros acadêmicos, uma vez que, para tomar-se consciência desse tipo de conhecimento é necessário vasto conhecimento teórico, associado ao conhecimento prático o que, até o momento, o aluno não possuía.

Analisando o trecho seguinte do texto do aluno: *Perde-se muito tempo do curso com leituras enormes de pedagogos, filósofos e sociólogos que não colaboram em nada para a formação do professor, uma vez que ao chegar a sala de aula a realidade é outra*. Percebemos uma reafirmação do que foi dito anteriormente, escrito sob outra forma. Novamente o aluno recorre a uma constatação, que deveria ser obtida

¹⁹ De acordo com Olavo de Carvalho, a paralaxe cognitiva pode ser definida como “o afastamento entre o eixo da construção teórica e o eixo da experiência real anunciado pelo indivíduo”.

exclusivamente a partir da prática docente, mesmo que ele não tenha nenhuma, esse fato reforça a inferência realizada anteriormente que, na verdade, essa representação do aluno trata-se de uma reprodução de outra, obtida possivelmente no próprio meio acadêmico.

Fica explícito em sua redação o fato de que o aluno acredita que os aspectos sociais e filosóficos são irrelevantes ao aprendizado, e que apenas o conhecimento específico é o suficiente. Isso indica que o aluno ignora as dimensões ulteriores à natureza da ciência, enquanto uma construção social e histórica. De forma previsível, o ponto positivo destacado pelo aluno é o conhecimento específico. A leitura cuidadosa dos elementos contidos anteriormente conduz para esse desfecho em sua construção textual.

Na terceira semana de aula retomamos brevemente a discussão da aula anterior, posteriormente os alunos foram convidados a ler um artigo sobre física moderna no ensino médio (CUNHA e GOMES, 2012). O artigo apresenta de forma breve um panorama sobre o debate sobre as características da inclusão, ou não, do ensino de física moderna no ensino médio. Como subterfúgio para justificar a falta de sincronia entre os conceitos formais da relatividade restrita e os conceitos explorados atualmente, dessa área, no Ensino Médio, os autores apresentam uma questão de vestibular e realiza uma análise teórica minuciosa. Como conclusão os autores percebem que o que é cobrado (e possivelmente ensinado) sobre o assunto, pode estar em desacordo com a teoria em si. A partir dessa leitura inicial foi levantada a seguinte questão aos alunos:

Você é a favor ou contra a inserção da física moderna já no Ensino Médio?

O questionamento foi feito de forma dualista propositalmente, com a intencionalidade de induzir o aluno a se posicionar perante o que se perguntava, por isso não foi incluído na pergunta a opção de o aluno não se posicionar em relação ao assunto. A razão pela qual não foi dada essa opção foi justamente para que possamos analisar a construção argumentativa dos alunos. Vale ressaltar que o tema da pergunta, física moderna, foi apenas um tema que se mostrou relevante para a investigação das representações dos alunos em relação ao currículo.

Por unanimidade os alunos declararam que são favoráveis à inserção do conteúdo

de física moderna no ensino médio. Entretanto todos os alunos realizaram algumas ponderações sobre a forma como o assunto poderia ser abordado. Segue alguns trechos transcritos como exemplo:

Aluno 3: *“Sou a favor da inserção de Física moderna no ensino médio, porém de forma literal, para que haja possibilidade de despertar o interesse em alunos com aversão à cálculos”*

Aluno 4: *“Sou a favor da abordagem histórico-conceitual pois mesmo que o nível de ensino seja baixo os alunos tem que ter a chance de pelo menos estudar um pouco sobre o assunto”*

Aluno 6: *“Sou a favor mas com uma abordagem bem superficial”*

De forma complementar foi perguntado aos alunos quais deles tiveram contato com esse conteúdo no Ensino Médio, apenas dois responderam positivamente e, inclusive, fizeram questão de reforçar que estudaram muito pouco e superficialmente.

Essa provocação foi utilizada para dar continuidade à discussão sobre o currículo. O assunto física moderna faz parte dos componentes curriculares básicos e, mesmo assim, não foi uma unanimidade entre os assuntos estudados pelos alunos no Ensino Médio. Vale à pena ressaltar que durante a discussão ficou explícito as concepções que os alunos tinham sobre o que é o currículo.

Da mesma forma do que é aceito no senso comum, o conceito de currículo apresentado pelos alunos é que o currículo se limita ao conjunto de conteúdos que devem ser estudados, grade curricular. Foi apresentado e debatido com os alunos um conceito mais amplo do que vem a ser currículo, que envolve as ações escolares que acontecem dentro e fora do espaço escolar, e todas as ações dos diferentes atores que, juntas constituem o processo educacional.

Na quarta semana de aula foi dada continuidade à discussão da aula anterior, e foi apresentada aos alunos uma aula expositiva sobre currículo em Ensino de Ciências,

envolvendo alguns autores e fragmentos de textos e artigos sobre o assunto. Essa aula não estava prevista no planejamento inicial, entretanto a necessidade surgiu a partir dos próprios alunos, uma vez identificada suas poucas leituras sobre o assunto.

Na quinta semana de aula foi planejada uma atividade para realizar um levantamento sobre os conceitos prévios dos alunos sobre campo elétrico, e ainda fazê-los refletir sobre as possíveis estratégias que, enquanto professores, eles traçariam para explorar o assunto e avaliá-lo. Antes de descrever propriamente a atividade faremos uma breve reflexão sobre a importância do conceito de campo elétrico na compreensão da física.

Um estudo realizado por Nardi (1994) evidenciou alguns tipos de conceitos prévios, em relação ao campo magnético, apresentados por um grupo de alunos. Nesse estudo ele se utilizou de uma abordagem da história da ciência, e obteve interessantes resultados no que diz respeito à construção do conceito de campo, e do acompanhamento da evolução conceitual dos alunos. Ainda de acordo com Nardi (1994):

Entende que a História da Ciência permite visualizar, por exemplo, os conceitos estruturantes de uma teoria, a elaboração de novos conceitos e teorias, bem como a utilização de novos métodos de investigação e novos instrumentos conceituais, pressupondo assim uma evolução da ciência como resultado de transformações estruturais, como as sugeridas por Kuhn (1975) ao analisar o que chama de estrutura das revoluções científicas (NARDI, 1994, p. 104).

A partir da perspectiva histórica os alunos têm a possibilidade de compreender, além do conceito científico, a lógica que rege as quebras de paradigma que geram superações conceituais. Ao acompanhar a evolução da construção de um conceito científico os educandos têm a chance de construir, e reconstruir, suas próprias representações, superando o senso comum.

Uma necessidade, antes da aplicação do estudo do episódio histórico, foi identificar nos alunos suas representações e conceitos prévios de campo. O conceito de campo foi desenvolvido a partir da necessidade de explicar as ações à distância, as forças elétricas; magnéticas e gravitacionais, por exemplo, são explicadas por intermédio de um campo associado a cada uma (NARDI, 1998).

Existem alguns conceitos que são aceitos de forma mais espontânea por nós,

enquanto outros tendem a causar estranheza, a força à distância é um conceito do segundo tipo. Estudos (AUGÈ, 2014) apontam que, surpreendentemente bebês reagem com mais espanto ao ver um ímã repelindo outro a certa distância, do que ao verem um objeto flutuando por exemplo.

O próprio Isaac Newton, em uma de suas cartas à Bentley, no ano de 1693, manifestou sua incredulidade quanto à interação à distância, podemos transcrever um trecho da carta em que isso fica ilustrado:

É inconcebível que a matéria bruta inanimada possa, sem a mediação de alguma outra coisa que não seja material, atuar sobre outra matéria e influenciá-la sem contato mútuo, como tem de fazer se a gravitação, no senso de Epicuro, for essencial e inerente a ela. (...). Que a gravidade deva ser inata, inerente, e essencial à matéria, de tal forma que um corpo consiga atuar sobre outro à distância, por meio de um vácuo, sem a mediação de mais nada, pela e através da qual suas ações e forças possam ser transmitidas de um corpo para outro, é para mim um absurdo tão grande, que acredito que nenhum homem que tenha em assuntos filosóficos uma faculdade competente de pensamento possa alguma vez aceitar esta ideia

Por se tratar de um modelo abstrato, criado para explicar um fenômeno, o campo não possui uma definição trivial. Para ilustrar essa premissa podemos trazer aqui uma definição usual de campo:

"A temperatura tem um valor bem definido em cada ponto do espaço da sala onde você se encontra. Podemos medi-la em cada ponto com um termômetro. Tal distribuição de temperatura é chamada *campo de temperatura*. Do mesmo modo podemos pensar em um *campo de pressão* na atmosfera: ele consiste na distribuição dos valores da pressão do ar, um para cada ponto na atmosfera. Esses dois exemplos são *campos escalares*, pois a temperatura e a pressão do ar são grandezas escalares.

O campo elétrico é um *campo vetorial*: ele consiste em uma distribuição de vetores, um para cada ponto na região de um objeto carregado, tal como uma barra carregada. Teoricamente, definimos o campo elétrico colocando-se uma carga positiva q_0 , chamada de carga teste, em algum ponto próximo a um objeto carregado. A seguir medimos a força eletrostática \mathbf{F} que atua sobre a carga teste. O campo elétrico \mathbf{E} no ponto P devido ao objeto carregado é definido como: $\mathbf{E} = \frac{\mathbf{F}}{q_0}$ (HALLIDAY, 1996, p.18).

O principal instrumento utilizado para identificar os conceitos prévios dos alunos sobre campo elétrico foi um questionário, mostrado no quadro a seguir:

Questionário

- 1 – Como você responderia à seguinte questão: “O que é um Campo Elétrico”?
- 2 – Qual seria a estratégia utilizada por você, enquanto professor de Física, para explicar o assunto?

3 – Quais seriam as formas de avaliação?
--

Como esperávamos previamente, na primeira questão, as definições apresentadas pelos alunos não foram suficientemente aceitáveis. Vale ressaltar que todos os alunos da turma já cursaram, ou estavam cursando concomitantemente, a disciplina de eletromagnetismo. Isso reforça a premissa de que o ensino de alguns conceitos Físicos, ao menos nesse caso, pode estar focado excessivamente nos aspectos matemáticos e procedimentais de realização de cálculos, e possivelmente não atendem satisfatoriamente ao aspecto teórico-conceitual.

Através da análise do conteúdo extraído das respostas escritas dos alunos, podemos realizar um agrupamento de textos que apresentem elementos semelhantes entre si. Todas as respostas dos alunos podem ser divididas em quatro grupos que são caracterizados por aspectos distintos, que aparecem nos textos dos alunos.

A Tabela 3 indica a distribuição dos alunos agrupados por semelhança de resposta:

Tabela 3: Distribuição das representações do conceito de campo elétrico

Grupos	Número de alunos	Característica principal da resposta
Grupo A	4	Falta de especificações conceituais, utilização de termos vagos ou imprecisos
Grupo B	2	Utilização recorrente do conceito de força para definir Campo
Grupo C	2	Utilização recorrente do conceito de Energia para definir Campo
Grupo D	1	Utilização de analogia com campo magnético

O conceito de Campo Elétrico, como citado anteriormente, depende de outros conceitos e conhecimentos prévios. Os alunos classificados no Grupo A, apresentaram respostas vagas, nas quais as expressões utilizadas em suas argumentações não foram suficientemente precisas. As respostas apresentadas por esses alunos apresentaram termos do senso comum, ou aparentemente, advindos de suas impressões práticas.

Nesse grupo, as respostas não trouxeram elementos físicos que pudessem estar associados aos efeitos de um campo elétrico, como força, energia ou trabalho. Como um parâmetro de padrão, uma das respostas de um dos alunos do Grupo A para exemplificação:

Aluno 1: *“Região no espaço em torno de carga elétrica e afetada por ela”*

Nessa resposta percebemos a ausência de conceitos físicos que deveriam subsidiar a definição de campo elétrico. A definição apresentada pelo Aluno 1 está muito próxima ao que podemos considerar senso comum, a não delimitação ou especificação da região afetada pela ação do campo, bem como a não especificação da forma como essa carga elétrica caracteriza o campo elétrico, mostram que a definição é vaga e sem especificidades que são inerentes a esse conceito.

Dois alunos, classificados no grupo B, utilizaram o conceito de força elétrica para subsidiar suas explicações sobre o campo elétrico. Segue como exemplo a resposta de um dos alunos transcrita:

Aluno 4: *“É comum na vivência dos alunos, saber que as cargas opostas se atraem e cargas iguais se repelem. Essa interação que, conforme a Lei de Coulomb é uma força de origem elétrica, existe em função dos campos elétricos.”*

Como podemos observar a partir da resposta do Aluno 4, ele faz uma suposição de que todos os alunos, ou a grande parte, entende que cargas de sinais opostos se atraem enquanto que as cargas de sinais iguais se repelem. Independente do fato da suposição do aluno ser válida, certamente essa dedução tende a vir de sua experiência própria.

A seguir ele complementa seu texto explicando que a força elétrica é uma *consequência* do campo. Embora ele esteja correto nesse aspecto, isso ainda não seria a definição de campo, mas apenas uma de suas características.

Dois alunos, que foram classificados no Grupo C, apresentaram respostas cujo

principal elemento utilizado na definição de campo foi energia. Os dois alunos desse grupo também citaram, de forma menos enfática, a força elétrica, a resposta da

Aluna 8, é um exemplo disso:

Aluna 8: “É um fluxo de energia, gerado por uma ou mais partículas carregadas, e que exerce força de atração e/ou repulsão em outras partículas carregadas eletricamente. Essa interação se dá entre os Campos Elétricos produzidos pelas partículas presentes, alterando tanto o comportamento dos Campos, quanto das partículas.”

Podemos apontar uma série de observações interessantes analisando o conteúdo da resposta da Aluna 8, primeiro vamos nos ater ao uso equivocado do conceito físico “*fluxo*”. O campo elétrico por uma partícula carregada, em repouso, tem como uma de suas características o fato de ser estático, ou seja, suas propriedades como módulo, direção e sentido, que configuram o espaço vetorial, gerado por cada vetor campo elétrico no espaço, são estáticas. O conceito de fluxo por sua vez denota uma condição dinâmica na qual a grandeza medida, por unidade de área ou volume, tem seu valor variando com o tempo.

Uma questão interessante que surgiu durante a análise dessa resposta foi: qual deve ter sido o tipo de construção mental levou essa aluna a recorrer de um conceito de *fluxo* para definir uma situação *estática*?

De acordo com (NUNES, 2011) representações visuais causam perturbação na interpretação dos elementos textuais, ou seja, o aluno pode ser conduzido a construir uma representação de um determinado conceito através da associação pela imagem, mesmo tendo acesso à definição escrita, se interiorizar de forma equivocada alguma outra informação visual que perturbe o sentido do conceito.

A relação da forma verbal com a visual torna visível a falha de uma possível transparência da linguagem, põe a nu o tropeço de sua imaginária instrumentalidade. A materialidade visual perturba a evidência da língua unitária, perturba sua pretensa completude e faz trabalhar a contradição: (re) afirmando uma inequivocidade da forma visual (desenhos, fotografias, tabelas, etc.), mas assim, e neste movimento, mostrando a incompletude da

língua que precisaria desta forma visual para “completar” seus sentidos (NUNES, 2011, p. 240).

Ao continuar a investigação mais a fundo, deduzimos que a causa mais provável dessa dissonância conceitual pode ter sido a figura usual que representa as *linhas de campo*, que são recorrentes em todos os livros texto de eletromagnetismo (HALLIDAY, 1996; NUSSENZVEIG, 1997; TIPLER, 2009), um exemplo está mostrado na Figura 13.

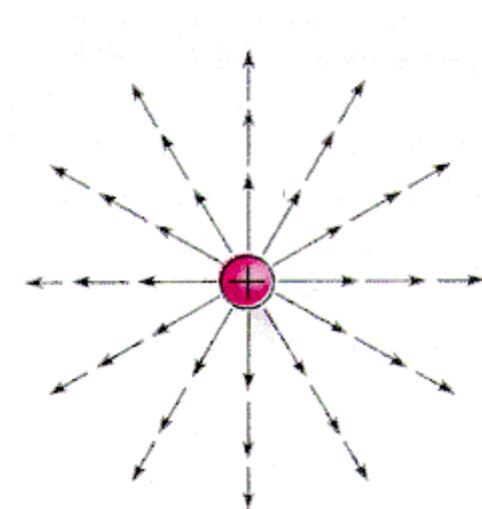


Figura 13: Exemplos de linhas de Campo elétrico de cargas pontuais positivas.²⁰

Embora as setas da Figura 13 representem a direção e o sentido radial dos vetores Campo Elétrico, essas setas podem ser interpretadas, de forma implícita, como um fluxo de alguma grandeza para fora, ou dentro, da região radial em torno da carga pontual. Essa afirmação que fazemos pode ser considerada razoável uma vez que, em diversas oportunidades, o aluno teve contato com as setas para determinação de uma situação dinâmica.

Na cinemática e hidrodinâmica é muito comum a representação dos vetores de direção e sentido de móveis e fluidos, como coincidentemente, esses vetores apontam na mesma direção do objeto/substância que está se movendo, o aluno pode ter a impressão errada de que: onde existe aquela seta existe movimento. Um exemplo dessa situação (NUSSENZVEIG, 1997, p.19), está na figura 14:

²⁰ Fonte: <http://www.brasilecola.com/fisica/campo-eletrico-gerado-por-varias-cargas.htm>

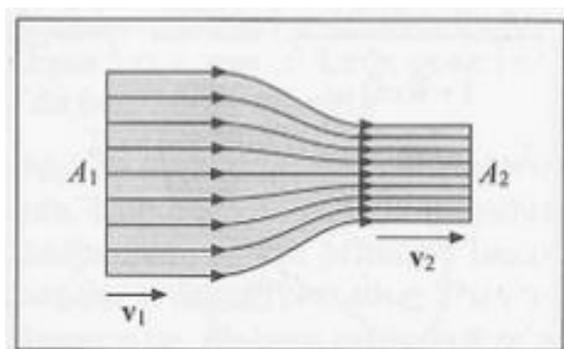


Figura 14: Exemplo de utilização visual das setas para indicar a direção do escoamento de um fluido.

Dadas essas afirmações concluímos que a aluna em questão, muito provavelmente, utilizou-se da representação visual implícita no momento em que precisou definir o campo elétrico, isso explicaria a confusão nos conceitos. Vale ressaltar que é possível determinar o fluxo de linhas de campo elétrico através de uma superfície gaussiana, entretanto essa grandeza não é utilizada para definir o campo elétrico, e sim para representá-lo.

Em segundo lugar podemos apontar uma interpretação, que aparece de forma implícita, na resposta da aluna, no trecho [... *que exerce força de atração e/ou repulsão em outras partículas carregadas eletricamente.*]. Um erro conceitual apresentado com frequência pelos alunos é sobre o que podemos chamar de “*assimetria*” na interação da força elétrica.

Para ilustrar essa interpretação equivocada vamos imaginar a seguinte situação: Posicionarmos duas pequenas partículas A e B, fixadas com distância d entre si, com respectivas cargas de módulos q e $2q$, respectivamente. Pergunta-se agora: qual das partículas exercerá maior força elétrica sobre a outra? Embora a resposta que parece mais óbvia é que a de maior carga exercerá a maior força, essa resposta não está correta.

Na realidade a força de repulsão, ou atração, é a mesma, isso porque a Lei de Coulomb define uma força mútua, que é obtida através das informações simultâneas das cargas elétricas envolvidas. De forma análoga é a força gravitacional, dois corpos celestes de diferentes massas se atraem com mesma intensidade.

O Grupo D, que na verdade é composto de um aluno, diferencia-se dos demais na medida em que os elementos textuais apresentados pelo aluno desse grupo não puderam se enquadrar nos grupos anteriores. Na tentativa de definir campo elétrico

o aluno utilizou uma analogia com o campo magnético. Segue a transcrição na íntegra da resposta do aluno:

Aluno 9: “Em física ao estudarmos eletricidade podemos observar vários fenômenos ocasionados pelos valores de uma carga específica que chamamos de carga pontual, essa carga, ela independe do seu valor, positiva ou negativa, ela é capaz de produzir ao seu redor o que chamamos de “campo elétrico”, quando aproximamos uma carga de outra ela seria capaz de sentir sem encostar, o campo elétrico produzido pela outra carga. Podemos comparar o campo elétrico com os ímãs, ao aproximarmos o ímã um do outro observamos que mesmo sem o contato do ímã ele é capaz de sentir a presença do outro, como se existisse uma barreira entre eles.”

De acordo com (GORDILLO, 2003) a utilização de metáfora, como recurso discursivo didático e de formulação teórica, vem se tornando um elemento útil na formulação de teorias e experimentos em diversos campos de estudo da física. Na ausência de um conceito mais elaborado o indivíduo lança mão da similaridade de conceitos pré existentes em sua estrutura cognitiva para explicar o fenômeno (AUSUBEL, 2003).

É conhecido (ADÚRIZ-BRAVO, 2002) o fato de que, historicamente, a analogia vem sendo recorrentemente utilizada como recurso heurístico auxiliar no ensino de física e demais ciências naturais. Uma vez que o recurso da metáfora é tão recorrente no ensino de física, deveria ser razoável esperar que encontrássemos ocasiões em que os próprios alunos se utilizassem dessa técnica para explicarem um determinado conceito ou fenômeno.

Muito embora o recurso da analogia seja utilizado para facilitar a compreensão de um conceito, comparando-o com outro conceito análogo, é necessário que alguns requisitos sejam obedecidos para que seja bem sucedida a utilização desse recurso discursivo, caso contrário a analogia poderá resultar em uma associação equivocada entre os fenômenos ou situações envolvidas (ADÚRIZ-BRAVO, 2002).

Através da análise da resposta do Aluno 9, podemos inferir que, embora ele não tenha conseguido definir satisfatoriamente o campo elétrico, ele reconhece que há semelhanças entre as interações de força que ocorrem tanto no campo elétrico

quanto no campo magnético. De acordo com (AUSUBEL, 2003) ao entrar em contato com um novo conhecimento, o indivíduo aciona seus conhecimentos prévios e, baseado em um conhecimento subsunçor, atribui um novo significado ao novo conceito, ou reforça o conceito prévio existente na sua estrutura cognitiva.

Ao analisarmos todas as respostas dos alunos, quanto ao teor de acuidade científica na definição de um conceito, percebemos que, em todos os casos, as respostas foram insatisfatórias. Mas o objetivo desse levantamento inicial estava além de apontar respostas certas ou erradas, mas buscava revelar, por meio da análise das respostas, as representações dos alunos sobre o Campo Elétrico.

Pelo material que foi analisado percebemos o uso excessivo de elementos fenomenológicos e de senso comum para definir o conceito abordado. Vale ressaltar que, entre os alunos da turma, dois já haviam cursado a disciplina de física eletricidade, enquanto os outros estavam cursando a disciplina concomitantemente com a pesquisa.

As respostas dos alunos, na segunda pergunta, (Qual seria a estratégia utilizada por você, enquanto professor de física, para explicar o assunto?) foram muito similares do ponto de vista dos tipos de recursos apresentados. Todos os alunos incluíram em suas respostas algum elemento de caráter prático que, em geral, foi o experimento clássico de realizar a eletrização de objetos por atrito. Segue a transcrição de algumas respostas apresentadas pelos alunos:

Aluna 8: “Eu utilizaria um recurso básico, em que se atrita um material com outro, para que os alunos pudessem observar as interações entre os campos elétricos dos objetos carregados, juntamente com uma explicação expositiva somada a exemplos cotidianos”

E resposta da Aluna 8 apresenta elementos procedimentais, conceituais e atitudinais na abordagem do assunto.

Aluno 9: “Tentaria utilizar de recursos visuais, como algum vídeo, ou através de algum experimento simples e rápido, que fosse ser feito em sala de aula apenas como demonstração. Com ímãs ou atritando canudo plásticos com seda, onde

poderia tentar explicar o conceito de campo através dos recursos.”

A resposta do Aluno 9 traz novamente o elemento comparativo com o campo magnético, o que traz coerência com sua afirmação inicial de analogia. Entretanto esse tipo de analogia, como citado anteriormente, pode induzir a erros conceituais graves, se não tomados os devidos cuidados, como deixar claro quais são os limites da analogia. Os campos elétricos e magnéticos apresentam muitas propriedades distintas entre si, por esse motivo deve-se tomar extremo cuidado com comparações.

Aluno 1: “Desenhar linhas de campos em torno da carga elétrica. Atritar dois canudos de plástico e mostrar a interação à distância entre eles.”

Novamente encontramos o elemento visual e prático, também contido na resposta do Aluno 1.

O maior objetivo dessa pergunta foi de evidenciar quais seriam as estratégias adotadas pelos alunos para o ensino desse conteúdo. Através dessas respostas pudemos identificar quais são as expectativas desses alunos em relação aos métodos de ensinar física, como suas respostas apresentaram elementos muito semelhantes, entendemos que suas próprias experiências enquanto alunos influenciaram decisivamente em suas respostas. Percebeu-se também que foram identificadas poucas sugestões no sentido de realizar aulas práticas um pouco mais elaboradas para o desenvolvimento do tema, apenas demonstrações rápidas.

A terceira pergunta que foi feita aos alunos (Quais seriam as formas de avaliação?) apresentou respostas muito diferentes, entretanto coerentes com as respostas anteriores dadas pelos alunos, por exemplo:

Aluno 1: “Solicitar um esboço das linhas de campo ao redor de uma carga pontual”

Percebemos que a proposta de avaliação do Aluno 1, embora seja pouco elaborada, concorda com a estratégia de ensino proposta por ele.

Aluno 9: “Abordaria com questões conceituais, e alguns exercícios sem cálculos”

De forma análoga o Aluno 9 é coerente com sua proposta, já que sugeriu apenas empregar recursos visuais, da mesma maneira as outras respostas apresentaram certa coerência.

Aconteceram mais três encontros com a turma, para abordar assuntos pertinentes à disciplina estratégias de ensino I, nesses encontros foram trabalhados outros temas propostos pelo professor titular da disciplina. Embora não tenhamos aplicado questionários e instrumentos de coleta de dados nesses outros encontros, continuamos a observar o comportamento dos alunos com a finalidade de aperfeiçoar o perfil da turma.

O tempo total, de dois meses de acompanhamento da turma, nesse primeiro semestre, se mostrou bastante proveitoso no que diz respeito à coleta de dados para traçar o perfil dos alunos, reconhecer suas expectativas e representações sobre o curso de licenciatura em física e, principalmente, coletar suas visões prévias sobre o conceito de campo. Todas essas informações foram levadas em consideração para o planejamento das atividades da segunda etapa da intervenção.

5 Resultados do Segundo Semestre

Neste capítulo serão apresentadas as análises dos resultados obtidos nas atividades da sequência didática do segundo semestre. Constatam os relatos sobre três aulas práticas, sendo elas a aula sobre circuitos simples, a aula prática sobre a utilização do arduino para determinação do período do pêndulo simples e a aula com o estudo do episódio histórico, culminando na construção do circuito transmissor FM, nessa ordem.

5.1 A AULA TEÓRICA E PRÁTICA SOBRE CIRCUITOS SIMPLES

As aulas práticas planejadas nessa etapa tinham como um objetivo levantar uma base de dados sobre os conhecimentos prévios dos alunos, de forma a fornecer mais subsídios para analisar os dados da última atividade, o estudo do episódio histórico. A primeira aula prática foi elaborada de maneira tradicional. Por tradicional entendemos uma aula prática na qual se estabelece um roteiro, o qual os alunos seguem para verificar uma relação/lei já conhecida que, neste caso, a Lei de Ohm. O roteiro da atividade encontra-se no Apêndice VI.

No início da atividade os alunos receberam o roteiro da atividade, após isso houve uma abordagem expositiva sobre alguns aspectos envolvidos na experiência. Foi explanada a relação entre diferença de potencial e corrente elétrica através de um resistor ôhmico. Posteriormente foi explicado aos alunos a técnica para realizar a leitura da resistência elétrica de um resistor utilizando-se do código de cores.

Os materiais necessários para a realização da experiência foram apresentados como sendo de baixo custo, entretanto durante essa apresentação alguns alunos fizeram um questionamento em relação à fonte de tensão variável, de acordo com eles esse equipamento não seria tão barato e, dessa forma, não estaria classificado como um material de baixo custo fato que, possivelmente, inviabilizaria a aplicação da estratégia em uma escola real.

Antes de descrever a aula prática vale ressaltar que, de fato, um dos objetivos da atividade foi fornecer uma alternativa de fácil acesso aos professores e alunos, por esse motivo, após a observação dos alunos, foi elaborado um material adicional para os licenciandos, sobre como construir sua própria fonte de tensão, com custo

inferior a R\$ 20,00. Esse esquema está disponível no Apêndice IX. Na semana seguinte ao experimento foi entregue aos alunos o esquema e foi feita uma demonstração do dispositivo construído de acordo com o esquema. Na figura 15 está mostrado a fonte usada no experimento (esquerda), e a alternativa mais econômica, o regulador de tensão construído com materiais mais acessíveis (direita).

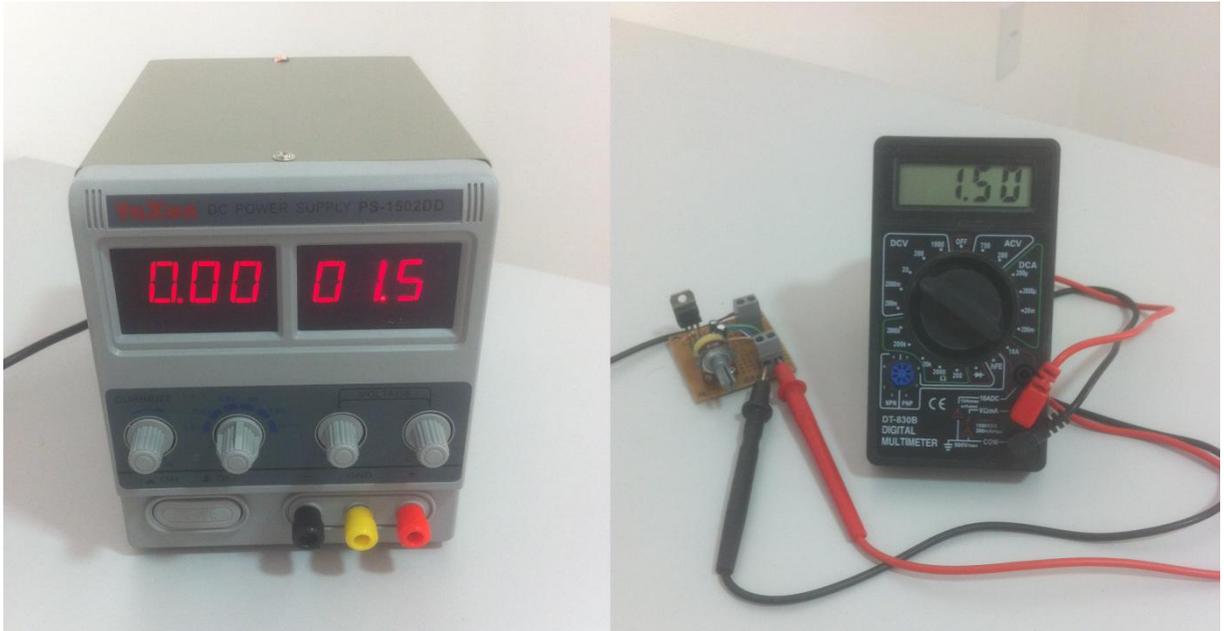


Figura 15: À esquerda a fonte de tensão de bancada (0~15V), na direita o controlador de tensão (1,5~12V) feito pelo autor, ambos controlados linearmente por um potenciômetro, mostram a mesma voltagem 1,5 V. Fonte: Autor.

O controlador apresenta algumas limitações em relação à fonte, entretanto funciona perfeitamente com controle linear através do potenciômetro, oferecendo uma tensão de saída ajustável, que, com auxílio de um multímetro, pode simular com precisão a fonte de bancada. Os alunos se mostraram interessados em construir sua própria fonte e, inclusive, dois alunos também construíram seu próprio dispositivo, mesmo não tendo sido feita nenhuma exigência a esse respeito. A figura 16 mostra o regulador de tensão feito por um dos alunos, o aluno levou o dispositivo na aula seguinte.



Figura 16: Regulador de tensão feito por aluno após receber as orientações do apêndice IX.

Seguindo com a descrição do experimento em si, a discussão sobre os materiais foi finalizada e então se começou a explorar como seria realizada as medições. Embora os alunos tivessem recebido o roteiro de atividades a metodologia utilizada foi bem diferente do que eles esperavam. Após essa discussão inicial foi feito um sorteio por número de chamada e então dois alunos foram selecionados para atuarem como professores, e os demais participariam da aula como alunos.

Tendo em vista que todos os alunos da turma já se encontram próximos ao fim do curso, é seguro assumir que possuem uma base teórica e experimental razoável para, com devida orientação, ministrarem uma aula prática simples. Considerando isso, os demais alunos foram liberados e os dois alunos que foram sorteados para ministrarem a aula permaneceram em sala para serem orientados sobre como manusear os equipamentos e como proceder na aula. Essa escolha foi baseada em alguns critérios:

- Simplicidade da atividade;
- Diminuir a influência do pesquisador em relação aos dados coletados;
- Incentivar a colaboração e interações entre os alunos;
- Ajudar na formação docente dos alunos.

No encontro seguinte, já com todos os alunos, o pesquisador assumiu a postura de

observador e os alunos encarregados da aula iniciaram as explicações sobre a atividade. Os dois alunos dividiram as tarefas, enquanto um se ocupou majoritariamente da parte prática, visivelmente o outro dava maior suporte no aspecto teórico, através das respostas coletadas no questionário do Apêndice VII.

Os alunos que ministraram a aula conseguiram desenvolver bem o tema e demonstraram interesse na prática, e o grupo de alunos que estavam participando da aula também se mostraram participativos e interessados, respondendo às perguntas e atendendo prontamente aos comandos da dupla de professores.

Sob a supervisão da dupla de colegas de classe, os demais alunos coletaram os dados do experimento em duplas e montaram gráficos mostrando a variação da corrente elétrica aplicada de acordo com a tensão, para vários resistores e tensões diferentes. A tarefa principal consistia em realizar as medidas e compará-las com os valores de resistência esperados, mostrado no código de cores.

Ao analisar os gráficos elaborados pelos alunos percebemos que o conceito da Lei de Ohm realmente foi compreendido com sucesso. Entretanto alguns problemas foram detectados no que diz respeito ao dimensionamento das unidades de medida e nas escolhas de eixos do gráfico. Dois gráficos estão mostrados como exemplo:

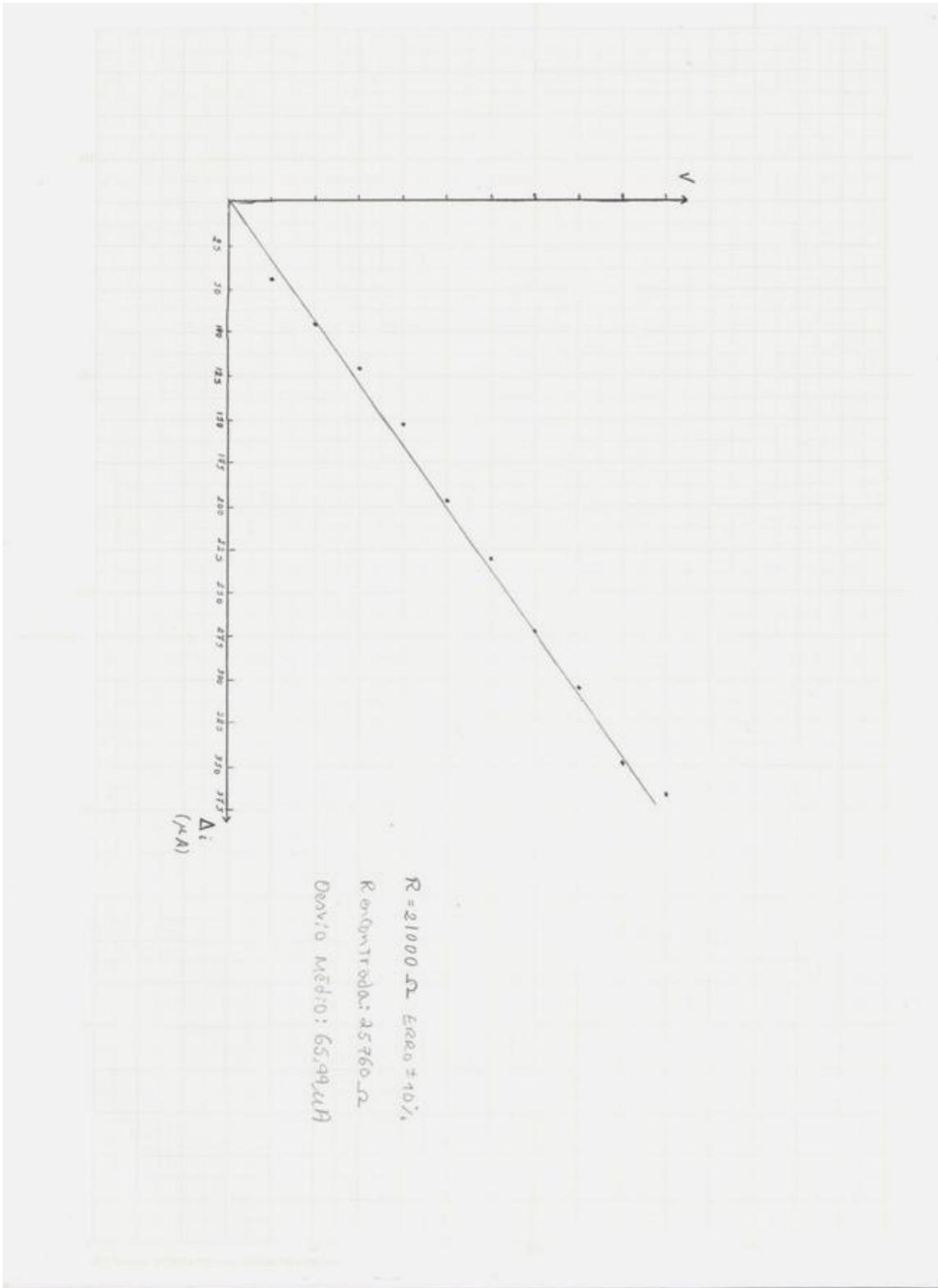


Figura 17: Exemplo de gráfico feito pelos alunos I

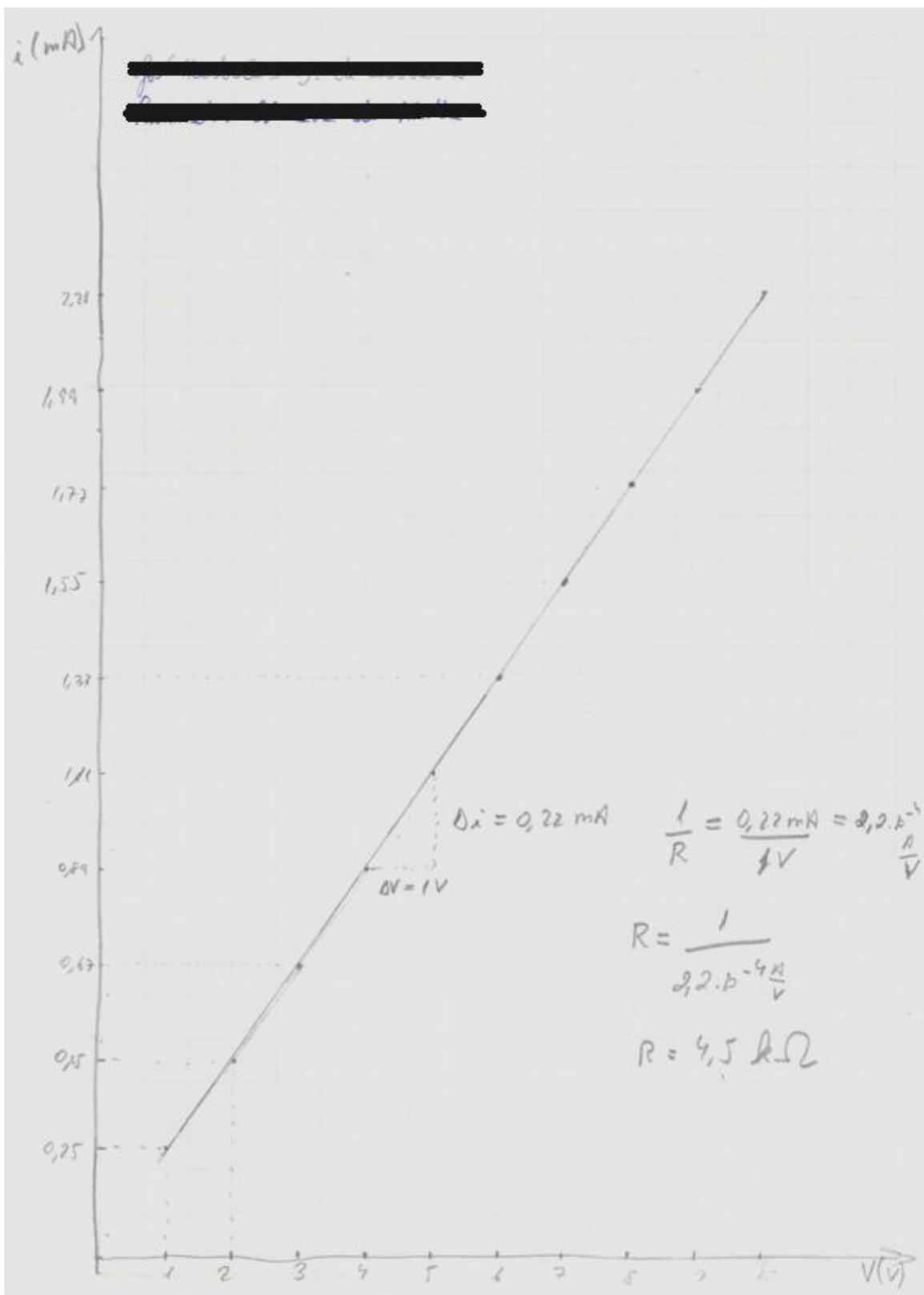


Figura 18: Exemplo de gráfico feito pelos alunos II

Após a atividade os alunos participantes responderam ao questionário do apêndice VIII, esse questionário ajudou a compreender melhor as impressões dos alunos em

relação à prática. Os oito alunos que participaram da prática foram enumerados como A1, A2, A3, A4, A5, A6 e A8, ao passo que os dois alunos que orientaram a atividade foram identificados por A9 e A10, para simplificar a identificação. Em relação aos alunos que participaram da prática obtivemos as seguintes informações:

Quando perguntados se já haviam participado de uma prática similar a essa, seis responderam que sim, e apenas dois disseram que não. Já quando questionados sobre o aprendizado durante a aula, todos responderam que conseguiram compreender perfeitamente tudo que foi dito. Nesse ponto vale ressaltar que esse conteúdo já foi abordado em algum ponto da trajetória acadêmica desses alunos, por essa razão era esperado que eles compreendessem bem o conceito da Lei de Ohm.

Os alunos desse grupo também responderam à seguinte pergunta: Se fosse você quem tivesse de ministrar essa aula, faria algo diferente? Em caso positivo o que seria? Como resposta para essa pergunta apenas A1, A2 e A8 disseram que não, A3, A4, A6 e A7 responderam que sim, e A5 respondeu que não sabe dizer. Entre os alunos que responderam positivamente dois deles, A3 e A6 responderam de forma semelhante, no sentido de realizar primeiro a experiência e depois discutir a teoria, a resposta do aluno A3 é mostrada a seguir;

A3: "Eu faria o processo inverso. Primeiro eu faria a prática para depois abordar a teoria"

O próximo item do questionário perguntava se, com a prática, o aluno tinha aprendido algo novo sobre o assunto ou mesmo algo novo sobre como ministrar uma aula. Para essa pergunta A3, A4, A5, A6, A7 e A8 responderam que sim, já o aluno A2 deixou em branco e o aluno A1 respondeu que já conhecia o assunto. Entre os que responderam que sim, dois alunos mencionaram a abordagem como uma boa alternativa em suas futuras atividades enquanto professores.

Finalmente o último item do questionário pedia que os alunos participantes fizessem uma avaliação geral sobre o desempenho dos alunos orientadores (A9 e A10). Os alunos foram orientados a darem sua opinião sincera, pois além de não serem

identificados no questionário, aquela avaliação não iria prejudicar os colegas no que diz respeito ao conceito na disciplina. Todos os alunos citaram pelo menos algum ponto positivo, apenas o aluno A1 não citou nenhum ponto negativo.

Entre os pontos positivos da aula foi citada a simplicidade e clareza da explicação, dinâmica de prática interessante e autonomia na execução do experimento. Ainda como ponto positivo, foi destacado o fato de que os alunos perceberam que não é preciso ter um laboratório na escola para desenvolver uma prática interessante, isso pode ser feito dentro de sala sem nenhum tipo de adaptação. Entre os pontos negativos foi citado o fato de que, em alguns momentos, os alunos A9 e A10 não souberam de imediato responder algumas dúvidas que apareceram na montagem do equipamento, além disso, também foi mencionado pelo aluno A5 o fato de que os alunos dividiram a parte prática e teórica da aula, como mostra o trecho;

A5: "Eu gostei bastante do desempenho do Daniel na apresentação da parte teórica, se mostrou firme e confiante. O Tobias também explicou a prática perfeitamente, eu só acho que não deveria ficar dividido, um com a prática e outro com a teórica. Acho que um trabalho desenvolvido em conjunto (sem divisão ou especificação de partes para cada membro) seria melhor"

Como já foi mencionado anteriormente, os alunos dividiram as tarefas, como se fosse uma apresentação de trabalho, dessa forma ficou visível, mesmo para os alunos participantes, a divisão entre a prática e a teoria.

Os alunos orientadores, A9 e A10, responderam a um questionário diferente, disponível no apêndice VII. Ambos já tinham tido experiência de ministrar uma aula. Entre as dificuldades durante a aula, A9 mencionou a dificuldade de conseguir explicar o conteúdo de maneira simples, e A10 citou a dificuldade de trabalhar com o aparato prático.

Ao serem perguntados sobre o que fariam de diferente se tivessem que dar a mesma aula, A9 respondeu que estudaria a teoria mais a fundo, já A10 respondeu que praticaria sozinho a coleta de dados várias vezes, para antecipar os possíveis problemas que surgiram.

A quarta pergunta procurava descobrir se os licenciandos tinham aprendido algo

novo com a experiência de lecionar essa aula, A10 respondeu apenas sim, enquanto A9 respondeu que aprendeu a aplicar a prática e pretende usá-la enquanto professor.

Por fim a última pergunta era: Você acha que a participação do próprio aluno, (nesse caso você) no processo de aprendizagem de uma estratégia de ensino, fez o aprendizado mais significativo? O aluno A10 respondeu apenas sim, já o aluno A9 respondeu:

A10 "Sim. Aprendemos muito quando ensinamos e a participação nas aulas é muito importante no processo de formação, pois podemos nos avaliar e buscar melhores estratégias de ensino"

Ao observar o desenvolvimento da prática, associado aos relatos coletados por questionário, percebeu-se que os alunos apresentaram algumas dificuldades de ordem prática no decorrer do experimento. Entretanto o aperfeiçoamento das habilidades dos alunos com os materiais utilizados no decorrer da prática se apresentou como sendo um bom resultado, essas habilidades consistiam inclusive em pré-requisitos para trabalhar com as próximas práticas.

Podemos perceber também, através dos relatos, que os alunos apresentaram grande interesse nas práticas, tanto em relação ao aprendizado que tiveram, quanto como estratégia para uso futuro. Essa prática constituiu-se como o passo inicial para a preparação dos alunos para as etapas seguintes.

5.2 AULA PRÁTICA SOBRE ARDUINO E SUAS APLICAÇÕES NO ENSINO DE FÍSICA

Recentemente diversos autores (DWORAKOWSKI, et al, 2016; CORDOVA, e TORT, 2016; SANTOS, et. al, 2017; SILVEIRA e GIRARDI, 2017; VARANIS, et. al. 2018) têm utilizado em suas aulas práticas de física a placa Arduino como recurso para controle, coleta e processamento de dados, pelo fato de ser de baixo custo, fácil manuseio e configuração, exigindo conhecimento mínimo de programação .

Essa aula prática teve como principais objetivos compreender os princípios básicos do funcionamento de um microcontrolador lógico programável bem como conhecer

outros componentes do circuito que compõem a placa Arduino UNO. Outros objetivos se tratavam de aprender a utilizar o sensor ultrassônico e conhecer alguns elementos básicos da programação do Arduino.

Após o desenvolvimento dessas habilidades, o Arduino foi então utilizado, agora já não como objeto de estudo, mas como ferramenta, para a execução do experimento do pêndulo simples. O arduino foi utilizado para mostrar em tempo real informações sobre a posição do pêndulo, a fim de fornecer dados para o cálculo do período do mesmo. O roteiro da aula está disponível no Apêndice XI.

A aula prática se iniciou com a apresentação e a explicação dos componentes eletrônicos que foram utilizados, inicialmente foi feita uma explanação sobre o funcionamento do Arduino e do princípio físico de funcionamento do sensor ultrassônico, após isso os alunos foram orientados a conectar a placa Arduino ao sensor de distância ultrassônico HCSR-04, da forma como mostra a figura 19:

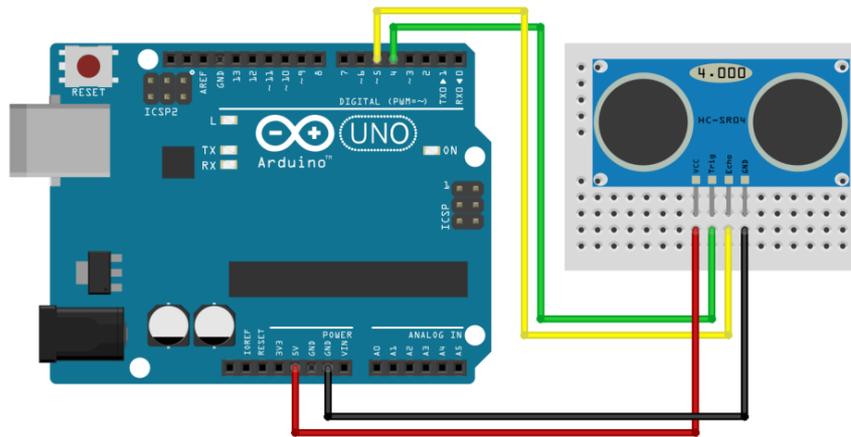


Figura 19: Esquema do arduino. Fonte: http://blog.filipeflop.com/wp-content/uploads/2015/07/Arduino_HC_SR04_bb.png

O Sensor Ultrassônico HC-SR04 é um sensor de distância, muito utilizado em projetos com Arduino. Tem alcance de, aproximadamente, 5 metros e precisão de 3 mm de acordo com seu *datasheet*²¹.

Suas principais aplicações são para tarefas como auxiliar de estacionamento (sensor de ré), também pode ser utilizado para ativar as portas do Arduino ao ser atingida uma distância específica, pode ser utilizado para orientar um sistema de

²¹ Os *datasheets* ou folhas de especificações de componentes são os documentos mais consultados pelos profissionais da eletrônica. Neles, encontramos todas as informações que nos permitem usar corretamente um componente. Fonte: <http://www.newtonbraga.com.br/index.php/ingles-para-eletronica/4992-ing057>

navegação de um robô com a finalidade de desviar de obstáculos, entre várias outras aplicações.

O sensor funciona de forma bem simples, ele emite pulsos ultrassônicos, acionados pela porta trigger, assim que esse sinal encontra um obstáculo colide como mesmo sofrendo, entre outros fenômenos, reflexão, então retorna e é lido novamente pelo sensor, ativando a saída, Echo.

Os autores Cordova e Tort (2016) utilizaram o Arduino e o sensor HC-SR04 para medir experimentalmente a gravidade com precisão de 0,1%. O que demonstra que o sensor tem possibilidades experimentais promissoras. Além de boa precisão, para realizar bons experimentos didáticos, o sensor também tem um custo baixo, cerca de R\$10,00, sendo uma excelente aquisição para a bancada. Esse mesmo sensor pode ser utilizado, inclusive, em experimentos de plano inclinado, pois devido ao fato da comunicação das informações ser dada em tempo real com a interface do arduino, é possível que os alunos observem a mudança da posição em relação ao tempo.

Após realizar as conexões do equipamento, o mesmo foi ligado por um cabo USB ao computador e os alunos foram orientados a carregar o programa e gravá-lo no Arduino. Todo esse processo é bem simples, e com o auxílio do pesquisador, os alunos não apresentaram grandes dificuldades em aprender.

Ao fazer isso foi explicado aos alunos cada um dos comandos utilizados em cada uma das linhas de programação. Ao serem perguntados os alunos responderam que não conheciam nenhum tipo de linguagem de programação, então eles foram apresentados ao conceito geral do que é programação para compreenderem melhor a etapa seguinte. Visto que se tratava de um programa bem simples, as informações foram de fácil compreensão. O programa está mostrado a seguir:

```
//Aula prática 2

#include <Ultrasonic.h>
#define TRIGGER 4
#define ECHO 5
Ultrasonic ultrasonic(TRIGGER, ECHO);

void setup()
```

```

{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  float cmMsec;
  long microsec = ultrasonic.timing();
  cmMsec = ultrasonic.convert(microsec, Ultrasonic::CM);
  Serial.println(cmMsec);
  delay(100);
}

```

Posteriormente, os alunos montaram o aparato e o posicionaram nas proximidades do pêndulo simples, que estava previamente montado na mesa. O sensor foi alinhado com o pêndulo pelos próprios alunos da forma como mostra a figura 20 e, em duplas, os alunos fizeram a coleta das informações. O sensor forneceu a distância até o pêndulo em tempo real, os dados foram salvos automaticamente numa planilha do *Excel*.

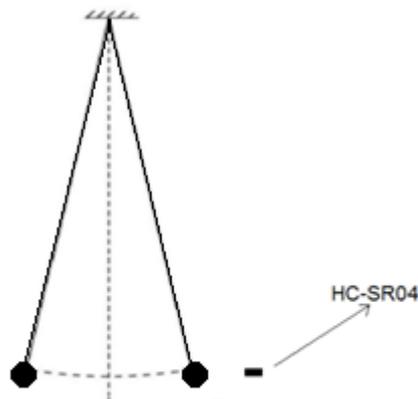


Figura 20: Sensor HC-SR04 posicionado próximo ao pêndulo

A partir de então os alunos se revezaram e, em duplas, obtiveram os valores das distâncias em relação ao tempo. Em posse desses dados lhes foi pedido que fizessem o gráfico da distância em função do tempo, no próprio programa Excel, o gráfico 5 mostra um exemplo de um dos gráficos obtidos:

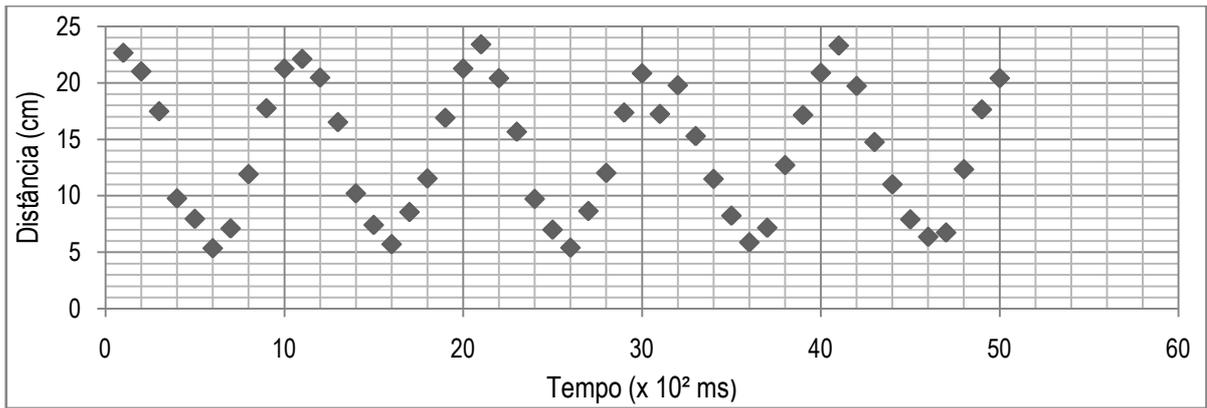


Gráfico 5: Gráfico da distância do sensor ao pêndulo.

Em posse desses dados, foi pedido que os alunos interpretassem esse gráfico para obter o período do pêndulo. Não foi dito aos alunos como poderiam fazer esse cálculo, dessa forma eles pensaram juntos em uma maneira de se utilizar do gráfico gerado, após algum tempo eles perceberam que o *delay*, que é o intervalo de tempo entre cada medida, valia 100 ms, dessa forma pensaram em contar quantas medidas foram realizadas entre dois pontos similares do gráfico, dois picos, por exemplo, e multiplicar esse número por 100 ms, ou 0,1 s.

Após conseguirem calcular com sucesso o período, foram convidados a utilizar a equação teórica, equação V, do período, para conferir o erro na medida do comprimento do pêndulo.

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}} \quad (V)$$

O pêndulo que foi utilizado na experiência possuía um comprimento aproximado $L \cong 0,25 \text{ m}$, ao utilizarem como parâmetro de gravidade $g \cong 9,81 \text{ m/s}^2$, conseguiram obter um valor de comprimento com erro total de menos de 3%. Vale a pena ressaltar que foi discutida a validade da equação V, e foi considerada sua validade para ângulos pequenos.

Os alunos se mostraram muito entusiasmados com a aula experimental, se interessaram em conhecer mais sobre o equipamento utilizado e fizeram perguntas sobre quais outras experiências de física poderiam ser realizadas utilizando o Arduino.

Os alunos também responderam a uma pergunta sobre quais seriam os pontos positivos e negativos dessa estratégia, dos dez alunos apenas três citaram pontos negativos, A1, A2 e A10, mencionaram o fato de que um possível obstáculo à aplicação da estratégia seria a demanda de ter mais de um aparato prático para atender a turmas maiores. Os demais alunos, A3, A4, A5, A6, A7, A8 e A9, mencionaram apenas aspectos positivos, desses sete alunos, quatro A3, A4, A5 e A7, citaram como aspecto positivo o fato de que a prática pode ser feita em sala de aula, dispensando o espaço específico de laboratório, que em algumas escolas pode ser precário ou inexistente. Para ilustrar a opinião geral dos alunos segue o exemplo da resposta de A3:

A3: "No meu ponto de vista essa metodologia possui apenas pontos positivos e facilitam bastante o aprendizado, é um método que certamente chama bastante a atenção do estudante, abrindo sua mente para ideias, uma vez que o material utilizado em si é bastante acessível e prático de se manusear e montar.

Em escolas que não possuem laboratório, esse tipo de experimento em sala de aula seria bastante útil, a parte mais "chatinha" mesmo seria a compra mas é o de menos."

Analisando as respostas, bem como a participação ativa e interesse dos alunos na aula, pudemos concluir que o objetivo de apresentar o Arduino como uma possibilidade de ferramenta para o ensino de física, podendo ser utilizada em diversos tipos de estratégias, foi atingido. Da mesma forma também foi satisfatório o aprendizado dos conceitos sobre circuito, que são pré-requisitos para a próxima etapa, bem como se percebeu satisfatória a motivação dos alunos para a continuidade da participação, além do interesse em saber mais sobre os dispositivos utilizados em sala.

5.3 O ESTUDO DO EPISÓDIO HISTÓRICO

Finalmente após conhecer bem o perfil dos alunos, coletar suas representações prévias sobre o conceito de campo, observar seus comportamentos e opiniões em relação às aulas práticas de diferentes naturezas, foi possível então aplicar a última

parte do trabalho que consistiu em utilizar-nos do estudo de um episódio histórico com a finalidade de compreender, através dos argumentos, relatos e comportamentos dos alunos, a evolução de seus conceitos sobre os temas abordados. Além disso, também foi investigada a opinião dos alunos sobre essa estratégia em particular.

O perfil da abordagem adotada na aplicação do episódio histórico é consistente com a terceira categorização feita por McComas (2010), citada anteriormente. Nesse sentido os alunos entram em contato com a história da vida e obra do cientista, com a finalidade de conhecer melhor as circunstâncias nas quais o conhecimento foi desenvolvido.

No primeiro encontro dessa prática foi apresentado aos alunos o plano de trabalho, a partir daí foi feita uma explanação sobre a teoria do eletromagnetismo e as equações de Maxwell, relações de simetria dos campos magnético e elétrico e vetor de *poyniting*, sob a justificativa de que ao construir um protótipo de um transmissor de ondas eletromagnéticas (rádio), deveríamos conhecer melhor a natureza do sinal que está sendo enviado, entretanto na explanação não foi fornecido o conceito de campo.

Após essa explanação inicial foi entregue aos alunos o texto sobre Landell, que está disponível no apêndice XII, para que fosse feita uma leitura antes de realizarmos um debate sobre o assunto. Após a leitura iniciou-se uma diálogo com os alunos no sentido de fazer um levantamento informal das opiniões dos mesmos sobre o que haviam acabado de ler, dos dez alunos apenas dois já haviam ouvido falar em Landell, isso porque trabalhavam como bolsistas do PIBID e por acaso já tinham lido em um texto sobre história da ciência sobre o padre. Os alunos restantes demonstraram grande surpresa ao conhecer a história.

No segundo encontro foi mostrado aos alunos alguns dos esquemas de circuito do transmissor de Landell, como a Figura 11, por exemplo, bem como as imagens do dispositivo que foi construído como réplica, da Figura 5. Foi pedido aos alunos que formassem em duplas e analisassem os esquemas, para então tentar reproduzi-los. Naturalmente essa seria uma tarefa extremamente difícil, porque o conhecimento sobre circuitos que os alunos haviam a pouco adquirido de outras aulas, não seria suficiente para entender todos os componentes antigos que existiam na época.

Após alguns minutos todos os alunos chegaram às mesmas conclusões, eles

reconheceram algumas partes dos circuitos, em especial as fontes de alimentação, bobinas, chaves de contato e capacitores, demonstrando que as aulas anteriores deram suporte no conhecimento técnico. Foi explicado aos alunos as funções dos os componentes antigos e seus respectivos sucessores, foi dada uma atenção especial na explicação do funcionamento do transistor que, com o advento da tecnologia dos semicondutores, se mostrou um componente indispensável em praticamente todos os circuitos eletrônicos.

Aos poucos os alunos tomaram consciência da imensa dificuldade que Landell deveria ter tido no desenvolvimento do dispositivo, não apenas pelas investidas da sociedade contra suas pesquisas, mas também pelo grau de dificuldade da tarefa de construir um dispositivo como esse com o conhecimento e tecnologia disponível na época. Esses comentários não ocorreram durante as outras atividades, o que pode ser um indicador de que, ao conhecerem o contexto da produção do conhecimento, os alunos consigam criar uma consciência mais ampla sobre as circunstâncias do entorno do cientista e, por consequência, aproximá-los da realidade da ciência.

Após as discussões, os alunos foram divididos em duplas, e cada uma recebeu um kit, previamente preparado, com todos os componentes e ferramentas para montar um circuito capaz de transmitir ondas eletromagnéticas, na faixa de FM. Foi entregue também aos alunos o diagrama esquemático para a construção do circuito, esse esquema pode ser visto na figura 21.

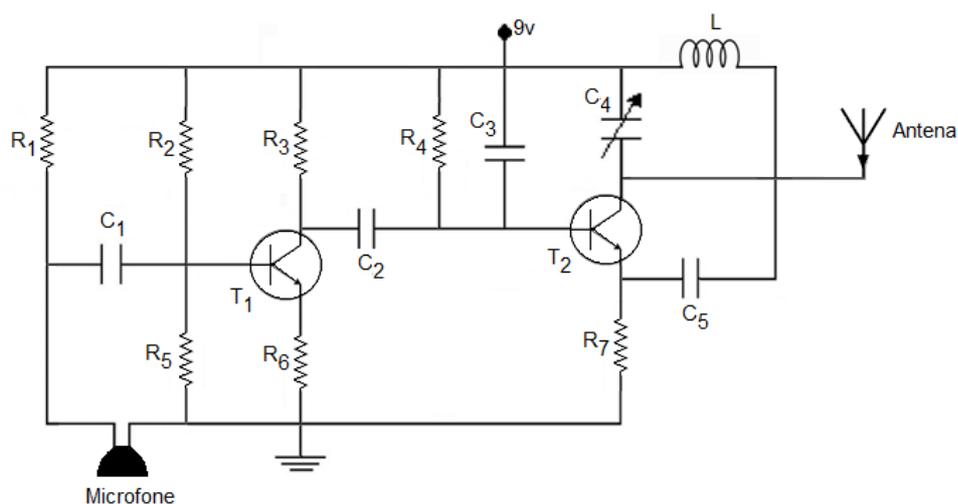


Figura 21: Esquema do circuito do transmissor FM.

Uma vez que os alunos já tinham sido apresentados, em aulas anteriores, aos componentes e suas representações eles não tiveram problemas em compreender o esquema do circuito. Como os alunos não possuíam experiência na parte prática em si, eles foram orientados sob a forma da disposição dos componentes na placa, para um iniciante nessa área é mais fácil começar com um circuito em forma de ilhas, as instruções estão todas disponíveis no apêndice XII.

A tarefa foi deixada para o terceiro encontro, no qual os alunos compareceram munidos dos componentes e ferramentas para finalizar o trabalho, exceto uma dupla. Durante o tempo de aula os alunos agiram de forma autônoma, já em posse do que precisavam para realizar a tarefa eles apenas recorriam a orientação do professor quando surgia algum problema de ordem prática. Antes do final da aula todos estavam com os circuitos prontos. A grande dificuldade dos alunos foi realizar o procedimento de sintonia, que é um processo delicado. Dos quatro protótipos apenas um não funcionou, os três demais funcionaram perfeitamente após alguns ajustes. A figura 22 mostra um dos circuitos e o rádio utilizado para captar os sinais.



Figura 22: Um dos dispositivos transmissores e o rádio usado na aula.

A figura 23 mostra outro circuito transmissor FM, mais próximo, para melhor visualização dos componentes.

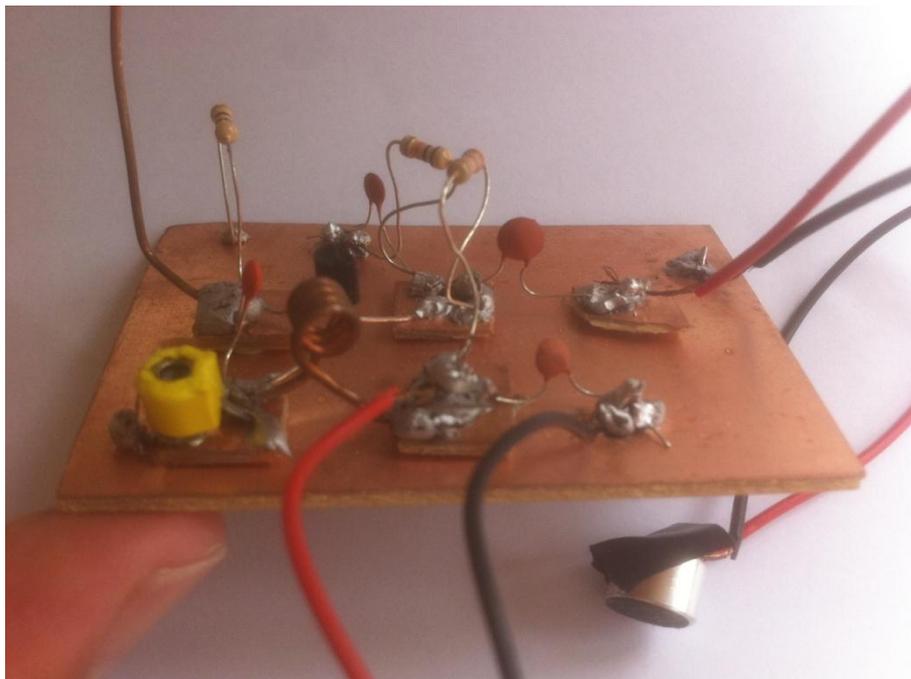


Figura 23: Outro circuito transmissor FM.

Após a montagem dos circuitos os alunos, por conta própria, começaram a fazer testes para determinar os limites dos aparelhos, alcance do funcionamento, frequências de funcionamento, intensidade etc. Todos se mostraram bem interessados na prática.

No quarto e último encontro os transmissores que eles construíram foram devolvidos para que eles pudessem utilizá-los em suas aulas futuramente, como o número de circuitos era inferior ao número de alunos foi feito um sorteio, e os sorteados receberam de volta os transmissores FM que eles mesmos tinham feito. Após isso os alunos foram convidados a responder ao questionário disponível no apêndice X. A primeira pergunta do questionário foi basicamente a mesma feita na parte exploratória, ela pedia que o aluno explicasse o conceito de campo elétrico, entretanto dessa vez também perguntava sobre o campo eletromagnético. Vale lembrar que, desde o primeiro período da pesquisa os alunos já tinham cursado a matéria "Física 3" referente aos conceitos de eletricidade.

Explique com suas palavras, qual é o seu conceito de campo elétrico? E de campo eletromagnético?

Novamente, assim como na primeira vez que foi feita essa mesma pergunta aos mesmos alunos, surgiram respostas baseadas em fundamentações distintas para a explicação do mesmo conceito. Vale ressaltar que o aluno A10 não havia participado da primeira parte da coleta de dados (Primeiro semestre de aplicação). Seguindo a classificação das respostas propostas pela Tabela 2 pudemos novamente agrupar as respostas por seus núcleos de significado, o resultado é mostrado na Tabela 4.

Tabela 4: Distribuição das respostas por semelhança.

Grupos	Nº Alunos (1º Semestre)	Nº Alunos (2º Semestre)	Característica principal da resposta
A	4	0	Falta de especificações conceituais, utilização de termos vagos ou imprecisos
B	2	2	Utilização recorrente do conceito de força para definir Campo
C	2	0	Utilização recorrente do conceito de Energia para definir Campo
D	1	0	Utilização de analogia com campo magnético
E	-	2	Utilização recorrente de cargas elétricas
F	-	6	Conceituação adequada

Foram adicionados dois grupos, E e F, em relação à primeira classificação, devido ao fato de que na primeira parte da aplicação não foram identificadas incidências desses tipos de respostas. Podemos perceber que no grupo A, que consistia em respostas com muitas imprecisões conceituais e termos vagos, antes apresentou quatro ocorrências, e dessa vez não teve nenhuma. O motivo disso é que todos os alunos apresentaram, em alguma medida, elementos consistentes com a explicação do conceito de campo.

No que diz respeito ao segundo grupo, foram detectadas duas ocorrências. Esses dois alunos lançaram mão exclusivamente do conceito de força para definir o campo elétrico. Podemos exemplificar o caso com a resposta de A4;

A4 - "Campo elétrico é uma região em que uma carga sofre uma força."

Percebemos que o aluno conhece um dos possíveis efeitos de uma carga elétrica na presença de um campo magnético, entretanto desconhece, ou não sabe como definir, as demais propriedades de um campo elétrico. Vale ressaltar que podemos construir um experimento mental bem simplificado que é capaz de invalidar a definição de A4. Imagine uma região do espaço na qual é feito vácuo, suponha que nessa região exista um campo gravitacional, se uma partícula provida de massa m e carga elétrica q , for colocada nessa região certamente sofrerá a ação de uma força, entretanto essa força nada teria haver com o campo elétrico.

Dessa vez o grupo C, cujas respostas se fundamentaram inicialmente em definir campo elétrico a partir do subsídio do conceito de energia, não apresentou nenhuma ocorrência. O mesmo ocorreu com o grupo D, entretanto como dessa vez houve uma diferenciação explícita entre campo elétrico e magnético na própria pergunta, é provável que este fato por si só tenha anulado essa possibilidade.

Curiosamente nessa segunda aplicação apareceu uma nova categoria de resposta, mesmo entre os alunos que já haviam respondido a essa mesma pergunta. A categoria E apresentou duas ocorrências, os dois alunos que foram colocados nessa categoria elaboraram respostas em que o único elemento para explicar o campo elétrico foi a carga elétrica. Um exemplo é a resposta do aluno A2.

A2 - "*Campo elétrico é um campo formado por ações de cargas elétricas*"

Perceba que em sua resposta ele, na dificuldade de definir a palavra campo, utiliza inconscientemente um termo para definir ele mesmo: "*Campo elétrico é um campo...*"

Dessa forma, mesmo que ele tenha utilizado um princípio correto para a base de sua argumentação, ele não teve sucesso em utilizar esse elemento para conseguir definir o conceito.

Diferentemente do que aconteceu no primeiro semestre, dessa vez a maioria dos alunos foram capazes de elaborar uma conceituação razoável em relação ao campo

elétrico. Seis alunos (A3, A5, A6, A7, A8 e A9) definiram de forma satisfatória o campo elétrico, trazendo em suas respostas elementos fundamentais para essas definições. Como exemplo, podemos citar a resposta de A7.

A7 - "Campo elétrico é o espaço com propriedades elétricas alteradas devido à presença de excesso de cargas elétricas, dentro desse espaço podemos associar, a cada ponto, um vetor dessa influência elétrica que é o campo elétrico E "

Percebemos que a resposta de A7, assim como as demais desse grupo, traz elementos que caracterizam de fato o campo como o espaço em si, entretanto com propriedades elétricas modificadas. Outro ponto de destaque é o uso do elemento *vetor* que se constitui como uma fundamental ferramenta para definir matematicamente o espaço vetorial que modela um campo elétrico.

É importante que esses conceitos estejam bem consolidados para os estudantes de física, uma vez que a compreensão desses elementos matemáticos fundamentais da definição apresenta papel importantíssimo na compreensão do conceito físico em si, e também de suas implicações práticas (BARBETA, YAMAMOTO, 2002).

A segunda parte dessa pergunta dizia respeito ao conceito de campo eletromagnético. A análise das respostas dos alunos em relação a esse aspecto foi feita juntamente com as respostas da pergunta seguinte, que pedia:

Explique com suas palavras qual é o significado físico do vetor de Poynting.
--

Ser capaz de compreender o campo, enquanto um espaço vetorial, possibilita ao aluno compreender mais facilmente o significado físico de outras operações vetoriais presentes nesse espaço, como o fluxo do campo elétrico através de uma superfície fechada obtido por uma integral de superfície (MOREIRA, CREY, 2006), outro exemplo é o vetor de *poynting*.

De acordo com (GRIFFITHS, 1999, p. 347) o vetor de poynting pode ser definido como o:

"[...]resultado do produto vetorial entre o vetor campo elétrico (E) e o vetor

campo magnético (\mathbf{B}), e o significado físico desse vetor é a densidade de energia por unidade de tempo por unidade de área, transportada por uma onda eletromagnética.] (*Tradução nossa*) (GRIFFITHS, p. 347, 1999).

A definição matemática do vetor de poynting é dada pela equação 6, e ilustra um exemplo de uma operação característica de espaços vetoriais, o rotacional, cujo resultado será sempre um vetor ortogonal ao plano que contém os dois vetores envolvidos na operação.

$$\vec{S} \equiv \frac{1}{\mu_0} (\vec{E} \times \vec{B}) \quad (\text{equação 6})$$

As ondas eletromagnéticas são ondas transversais, esse fato se confirma com a compreensão da equação 6, sabendo que o vetor de poynting será sempre ortogonal ao plano que contém os vetores \vec{E} e \vec{B} , conclui-se imediatamente que a direção de propagação de energia (portanto direção de propagação da onda) será sempre ortogonal aos pulsos (elétricos e magnéticos), o que define uma onda transversal.

Em relação às respostas dos alunos em relação ao vetor de Poynting, verificamos que sete alunos (A1, A3, A4, A6, A7, A8 e A9) responderam adequadamente. Esses alunos demonstraram que compreenderam o significado do vetor de poynting. Desse grupo de alunos, há dois alunos (A1 e A4) que não haviam conseguido elaborar um conceito de campo satisfatório na pergunta anterior. Esse fato evidenciou para nós que, mesmo que o aluno não consiga definir satisfatoriamente certa grandeza física, ainda sim é possível que ele consiga compreender algumas de suas propriedades.

Também percebemos a ausência do aluno A5 que estava presente no primeiro grupo, mas não soube explicar essa propriedade do campo eletromagnético. Foi possível então concluir que, dos seis alunos que conseguiram conceituar corretamente o campo elétrico, cinco também conseguiram compreender o significado físico do vetor de poynting, relacionado às propriedades desse campo. Esses números, relacionados com a análise das respostas individuais dos alunos, indicam que se os alunos conseguem compreender corretamente um conceito de uma grandeza física, poderão estar mais propensos a compreender corretamente suas propriedades, daí a importância da conceituação adequada.

Em relação à segunda parte da primeira pergunta (sobre o campo eletromagnético)

apenas dois alunos (A2 e A10) não souberam explicar com clareza. Surpreendentemente não foi necessário que os demais alunos soubessem conceituar precisamente o campo elétrico para conseguirem compreender de forma satisfatória o campo magnético. A tabela 5 ilustra de forma resumida os resultados combinados das respostas das perguntas 1 e 4, essa tabela permite a visualização, por aluno, de qual conceito ele soube definir adequadamente.

Tabela 5: Relação entre alunos e conceitos corretos

Conceituação Correta	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10
Campo Elétrico			X		X	X	x	x	x	
Campo Eletromagnético	X		X	x	X	X	x	x	x	
Vetor de Poynting	X		X	x		X	x	x	x	

Dentre as informações ilustradas na tabela 5 destacamos que:

- ❖ Cerca de 88% dos alunos que compreenderam o conceito de campo eletromagnético, também compreenderam o significado do vetor de poynting.
- ❖ 50% dos alunos que não souberam definir campo elétrico, também não conseguiram compreender o significado do vetor de poynting e campo eletromagnético.
- ❖ Dos alunos que souberam definir o campo elétrico, 100% também conseguiram compreender o conceito de campo eletromagnético, e cerca de 83% também conseguiram compreender o significado do vetor de poynting.

Embora o número de alunos participantes seja pequeno, é possível identificar com clareza uma tendência de que, a compreensão do conceito fundamental de campo elétrico, auxiliou na compreensão de outras grandezas relacionadas a ele.

As demais perguntas do questionário tiveram um direcionamento um pouco diferente em relação às feitas até aqui, a pergunta 5 propunha uma reflexão sobre o currículo, especificamente sobre as disciplinas da grade curricular do curso de física.

Você, enquanto estudante de Física, com certeza enxerga a importância das matérias que cursou ou está cursando para sua formação enquanto professor. Entretanto, para cada um, cada disciplina apresenta uma contribuição diferente de outra. Em relação ao currículo do curso de Física, quais são em sua opinião os pontos positivos e negativos? Quais seriam as sugestões que você faria em relação ao currículo do seu curso?

Entre os pontos que os alunos elencaram como positivos, o mais frequente foi a menção a uma boa base teórica das disciplinas específicas de física. Assim como ocorreu no questionário do primeiro semestre de aplicação. Sobre os pontos negativos podemos observar que seis alunos escreveram que, de acordo com suas perspectivas, o curso deveria oferecer maior número de disciplinas práticas, três alunos citaram que sentem falta de um contato mais direto com a sala de aula real.

No que diz respeito à preparação para a atividade docente, e um aluno relatou que gostaria que houvesse aulas fora do espaço da universidade, como visitas técnicas, por exemplo. Vale ressaltar aqui que não houve, como na primeira vez em que foi perguntado, a crítica sobre perder tempo com disciplinas de ensino, justamente por esse motivo esse questionamento foi levantado novamente.

Ao analisar as respostas dos alunos, em relação a esse item em particular, ficou clara a ânsia dos alunos por estarem em contato com estratégias diferenciadas de ensino. Vale ressaltar que as práticas às quais os alunos se referiram não estão aqui configuradas como aulas experimentais usuais, àquelas nas quais os alunos têm um roteiro preestabelecido para cumprirem uma tarefa mecanizada de coleta de dados, mas sim aulas que se utilizem de apoio tecnológico para demonstração de fenômenos, constatação de teorias e aplicação real do conhecimento teórico das disciplinas.

Outra perspectiva que se mostrou clara, após análise das respostas, diz respeito ao interesse dos alunos em aprender manusear materiais com tecnologia potencialmente aproveitável em suas futuras experiências enquanto professores e pesquisadores. Um exemplo, nesse sentido, é a resposta do aluno A2;

A2: *"Como ponto negativo: a falta de disciplinas voltadas para a eletrônica básica, onde com essas disciplinas desenvolveríamos métodos de criar aulas práticas abordando temas de física"*

Nesse sentido encontramos uma confirmação das expectativas dos alunos no que diz respeito ao interesse na participação de uma estratégia diferenciada de ensino de física, como já foi também observado em outros momentos da aplicação. A próxima pergunta feita aos alunos teve um caráter similar, entretanto é voltada para o tema específico do estudo dos episódios históricos;

Você acha que conhecer alguns episódios históricos marcantes da Física traz algum ponto positivo ao aprendizado da Física? Em caso positivo qual (quais) seria (m) esse (s) ponto (s)?

Esse tópico apresentou 100% de respostas positivas. Todos os alunos consideraram que existem pontos positivos no estudo dos episódios históricos. Três alunos (A2, A4 e A8) consideraram que o principal ganho foi perceber que, ao se conhecer o contexto no qual determinado conhecimento foi estruturado, eles puderam perceber que o conhecimento não é resultado de uma genialidade individual.

Eles compreenderam que o conhecimento sobre determinado conceito ou tecnologia não é algo que surge em um instante, mas é sim, em sua esmagadora maioria, fruto de um trabalho árduo com esforços combinados, utilização de conhecimento prévio e com influência da sociedade. Um exemplo desse argumento é mostrado na resposta do aluno A8;

A8: *"Sim, pois conhecer a história é ideal para mostrar aos alunos que nem tudo foi inventado em um estalar de dedos, mostrar que existe uma linha de tempo e vários estudos foram feitos a cerca de um assunto ou experimento para se chegar ao resultado final"*

Mais três alunos (A3, A6 e A7) consideraram como ponto positivo do estudo de episódios históricos, a compreensão mais abrangente da construção de determinados conceitos, nesse caso o conceito de campo. Vale ressaltar que no

texto que foi apresentado aos alunos menciona-se o conceito de "ondas lendelianas", o que gerou dúvidas a respeito de como o padre Landell entendia o comportamento das ondas eletromagnéticas na época.

Os demais alunos citaram outros tipos de pontos positivos no estudo dos episódios históricos, entre eles: "Compreender a importância da sociedade na construção do conhecimento", "Entender tudo que está relacionado à uma descoberta" e "Traz mais interesse ao estudo das disciplinas".

Em todos os casos podemos observar que o estudo do episódio histórico aproximou um pouco mais os alunos da real natureza da ciência, conhecer o contexto, dificuldades e realidade da produção do conhecimento científico pode ajudar a conscientizar os alunos do que é a ciência.

Outro ponto importante que foi citado por (A2, A6 e A7) foi o fato de que a forma como é abordado o estudo do episódio histórico, através de debate e diálogo aberto, favorece que o aluno tire suas dúvidas com mais naturalidade, sem que o aluno se sinta "interrompendo" a aula, quando, na realidade, as interações servem justamente para dar sentido à aula.

A próxima pergunta tinha como finalidade realizar um levantamento sobre as opiniões dos alunos em relação às limitações e dificuldades na realização da prática;

Quais foram as principais dificuldades no desenvolvimento da prática?

Oito alunos citaram como maior dificuldade o aspecto prático, mais especificamente o processo de montagem e solda dos componentes do circuito elétrico do transmissor. O aspecto prático foi o que mais causou dificuldades pelo fato de que os alunos não possuíam experiência com o manuseio dos equipamentos, por isso naturalmente essa foi a parte mais trabalhosa para eles. Dois alunos não citaram o processo de soldagem da placa, mas sim a dificuldade na compreensão das funções de cada componente eletrônico.

Os alunos também foram convidados a escrever sobre qual das três práticas (Sobre resistores e circuitos simples, sobre arduino ou sobre o padre Landell) acharam mais interessante, e também qual eles escolheriam para utilizar enquanto futuros professores de física. Nessa pergunta, os alunos responderam que acharam que todas as práticas foram relevantes, mas ainda sim elencaram suas preferidas.

Dois alunos (A1 e A9) preferiram a prática dos circuitos simples. De acordo com eles, a prática é bem simples e tem grande utilidade para conceitos básicos de eletricidade. Outros dois alunos (A7 e A10) escreveram que preferiram a prática com o arduino, eles argumentaram no sentido de que o arduino possui um potencial para dar suporte a uma gama enorme de experimentos diferentes sendo por si só um objeto de estudo interessante.

Três alunos (A2, A3 e A8) acharam mais interessante a prática do transmissor de ondas FM, do padre Landell, de acordo com eles a prática além de mostrar a trajetória de um personagem histórico pouco conhecido, também ajudou a compreender conceitos chave de eletricidade e campo, bem como serve como uma boa prática para ilustrar aplicações de ondas eletromagnéticas. Um exemplo dessa resposta é mostrada na resposta do aluno A8;

A8: "Na realidade todas foram muito interessantes mas a prática do rádio transmissor é a mais interessante para mostrar os conceitos de ondas no nosso cotidiano"

Os outros dois alunos (A4 e A5) escreveram que as duas últimas práticas (arduino e transmissor FM) foram igualmente interessantes, dessa forma não escolheram uma única prática como opção. Um exemplo disso pode ser observado na resposta do aluno A4;

A4 "Eu considero as duas últimas práticas como de grande importância, pois com o arduino se tem variedades de coisas que se pode fazer e no transmissor FM o aluno realmente consegue ficar empolgado com o que observa, pois não é sempre que se constrói um transmissor, é bastante estimulante"

Todos os alunos consideraram as três práticas perfeitamente viáveis e relataram que têm vontade de utilizar práticas similares em suas futuras aulas. Através dos depoimentos dos alunos, bem como analisando suas respostas, percebemos que as

estratégias tiveram não apenas uma grande aceitação, como também proporcionaram aprendizado dos conceitos abordados.

Considerações finais

O acompanhamento da turma nesses dois semestres possibilitou a coleta e interpretação de várias informações a respeito de vários aspectos como: perfil dos alunos, suas representações sobre seus cursos, sobre a disciplina estratégias de ensino, sobre conceitos de física, conhecimentos prévios sobre campo elétrico entre outros.

A análise das informações coletadas no primeiro semestre fora feita por meio de intervenção direta em sala, com o apoio do estudo da história da eletricidade e da revisão de literatura, e serviram como uma análise de pré-requisitos e representações prévias. Através da análise desses dados pudemos reconhecer os principais elementos das estruturas cognitivas dos alunos em relação ao conceito de campo e avaliamos que seus modelos se basearam em estruturas incompatíveis com o conceito adequado de campo.

Grande parte das representações conceituais dos alunos observados, bem como os fatores de motivação e expectativa em relação ao curso de física, são consistentes com resultados obtidos por outros autores, citados na revisão de literatura, em seus trabalhos, tais como Reis (2008), Forato, Pietrocola e Martins (2011), Viana, Pereira e Oki (2011) e Rocha (2002).

A pesquisa revelou concordância com a teoria da aprendizagem significativa, uma vez que fomos capazes de delinear as ideias prévias dos alunos e acompanhar o processo de aprendizagem dos conceitos trabalhados à luz do referencial teórico. Conseguimos evidenciar a grande influência dos conhecimentos prévios dos alunos em suas conceituações sobre campo elétrico, verificamos que os indivíduos pesquisados apresentaram claramente conhecimentos subsunçores distintos em contato com o mesmo conceito.

Foi identificada também na pesquisa a influência que os elementos visuais apresentam na estrutura cognitiva em relação a um conhecimento. A associação de situações distintas, que apresentam, porém, uma representação gráfica similar, nos permitiu traçar um paralelo para compreender um pouco melhor a forma como um conhecimento prévio, mesmo sendo uma representação gráfica, pode influenciar o aprendizado de um novo conhecimento.

Uma vez devidamente analisados, as informações do primeiro semestre nos permitiram traçar um planejamento para observar, coletar dados e analisá-los com maior confiabilidade no semestre seguinte. A sequência didática, que consistiu em três etapas, apresentou aos alunos três práticas, culminando com a principal, que foi o estudo do episódio histórico do padre Landell de Moura. Através das duas primeiras práticas, que tinham como objetivo preparar os alunos para a terceira, também conseguimos coletar dados que se mostraram importantes para a análise do estudo do episódio histórico.

A primeira prática, de circuitos simples, tinha como objetivo verificar os conhecimentos prévios dos alunos, e também fornecer subsídios para aprimorar a prática com instrumentos de laboratório. Por meio dessa simples verificação da Lei de Ohm os alunos puderam ter contato com a montagem de uma fonte simples, elaboraram relatórios com gráficos e tabela de dados coletados e tiveram a oportunidade de ministrar uma aula prática. Com isso foi possível observar o relacionamento do grupo, uma vez que tiveram autonomia para se avaliarem e interagirem entre si como professor/aluno. Vale ressaltar que Tripp (2005, p.446) destaca que o caráter participativo dos envolvidos na pesquisa caracteriza um fundamento da pesquisa ação.

Também foi possível concluir, por meio da análise dos relatórios dos alunos, bem como de suas respostas aos questionários, que o objetivo da prática foi atingido. No que diz respeito à construção dos conceitos, estabelecidos como pré-requisitos para as próximas etapas, podemos observar que os alunos apresentaram um excelente resultado no aprendizado. Novamente um benefício da pesquisa ação, previsto em (TRIPP, 2005, p. 445), a aula sobre circuitos possibilitou aos alunos um contato com a atividade experimental e com a prática docente, um ganho do ponto de vista dos conhecimentos procedimentais.

De forma análoga a prática sobre arduino apresentou excelentes resultados no que diz respeito ao interesse, aprendizado e envolvimento dos alunos com a prática. Partimos do princípio de que seria proveitoso explorar o arduino de duas formas, tanto como suporte para a execução de experimentos de física, quanto como objeto de estudo em si. Ao analisar os depoimentos dos alunos ficou claro que houve um interesse tanto para a execução do experimento, quanto pelo aprendizado de arduino, além disso, como foi mostrado, vários alunos expressaram, sem que fosse

pedido, a vontade de aprender mais sobre o assunto para aplicarem esse conhecimento em suas experiências futuras como professores, aqui podemos destacar também um bom resultado do ponto de vista conceitual.

A prática do arduino possibilitou também o desenvolvimento de conhecimentos básicos sobre programação, além de um conhecimento introdutório aos micro controladores. Somado a isso, pôde-se reforçar os conhecimentos teóricos sobre o período do pêndulo simples, por meio da aplicação da tecnologia na aula prática. Vale ressaltar que esses resultados observados, relacionados ao aprendizado dos alunos, são consistentes com os encontrados por outros autores, como Cordova e Tort (2016), em circunstâncias semelhantes.

Através da análise das respostas dos alunos, dos gráficos elaborados por eles e pelos relatos sobre as limitações e possíveis fontes de erros, pudemos avaliar que os conhecimentos pretendidos nessa aula, e que são pré-requisitos para a posterior, foram plenamente atingidos. Pode-se dizer que os alunos tiveram um contato mais aprofundado com a tecnologia envolvida na coleta de dados de um experimento, além disso, puderam de fato utilizar uma aplicação do conhecimento na tecnologia.

No que diz respeito ao estudo do episódio histórico, antes de sua aplicação tivemos a oportunidade de avaliar os conhecimentos prévios dos alunos, planejar as atividades de acordo com o que foi avaliado, fornecer subsídios técnicos e teóricos para o desenvolvimento da prática.

Inicialmente o texto apresentado aos alunos para conhecerem o episódio histórico surtiu o efeito desejado, como previsto praticamente todos os alunos não conheciam o episódio histórico, e todos eles se mostraram extremamente interessados no assunto. A discussão inicial sobre a vida e obra de Landell se mostrou proveitosa porque os alunos, através de depoimentos e respostas do questionário, demonstraram elementos que sugeriram uma mudança conceitual em relação à natureza da ciência. Eles responderam que o episódio mostra que um conhecimento ou tecnologia não surge em um "estalar de dedos", mas é fruto de trabalho, pesquisa e que, por vezes, esbarra em questões sociais que podem atrasar ou mesmo impedir a produção de conhecimento.

O grande diferencial percebido entre a primeira aula prática de circuitos, a segunda aula prática de arduino e o estudo do episódio histórico, está na abrangência de habilidades e conhecimentos mobilizados nas diferentes situações.

Na primeira aula, como foi dito anteriormente, os alunos tiveram contato com a prática em si, entretanto não houve um foco intensificado no equipamento utilizado (Aplicação da tecnologia) e nem mesmo no contexto no qual o conhecimento em foco (Lei de Ohm) foi produzido.

Na segunda aula prática, por sua vez, os alunos além de participarem da aula prática, também estudaram sobre o dispositivo tecnológico utilizado (arduino), dessa forma eles tiveram uma perspectiva da aplicação da tecnologia, e não apenas sua mera utilização.

Já o estudo do episódio histórico possibilitou a construção de conceitos e habilidades práticas de laboratório (Ciência), demonstrou a aplicação da tecnologia para exemplificar o conceito de transmissão de ondas eletromagnéticas (Tecnologia) e ainda possibilitou uma discussão histórica que permitiu aos alunos refletir de uma forma mais profunda sobre a natureza da ciência, e suas relações com a sociedade. Do ponto de vista do conhecimento atitudinal os alunos demonstraram grande empatia pela história de Landell.

Vale ressaltar também que, mesmo tendo sido abrangidos tantos aspectos, foi possível avaliar os conhecimentos específicos dos alunos, e ficou constatado que, o fato de o estudo possuir caráter mais abrangente, não prejudicou o aprendizado dos conceitos específicos almejados pela prática. Fato que pode ser constatado pela análise das respostas em relação ao campo eletromagnético e ao vetor de *poyniting*.

Ainda sobre o aprendizado no estudo do episódio histórico podemos destacar os dados obtidos na tabela 4 que indicam fortemente que o conceito de campo elétrico, que numa análise inicial nenhum aluno sabia definir, foi aperfeiçoado. E o número de alunos que se utilizaram de elementos válidos para a definição do conceito aumentou significativamente.

Outro conceito, um pouco mais complexo, explorado no estudo do episódio histórico, foi o do *vetor de poyniting*. Percebemos uma relação, que pôde ser obtida através da tabela 5, entre os conceitos de campo e do *vetor de poyniting*, nota-se que praticamente todos os alunos que compreenderam o primeiro conceito, também foram capazes de compreender o segundo.

Ao analisarmos a receptividade dos alunos para o estudo de episódio histórico, percebemos 100% de satisfação com a estratégia. Para ocorrer o aprendizado é

fundamental que o aluno se sinta estimulado e disposto a aprender, por esse motivo avaliamos que esse foi outro ponto positivo da estratégia.

A escolha de propor uma atividade prática, associada ao estudo do episódio histórico, também se mostrou altamente proveitosa. Baseado na experiência de vários autores citados na revisão de literatura, como Cunha (2012), De Jesus (2012) e Ducheyne (2012), por exemplo, concluímos que o envolvimento na atividade experimental, recriando o experimento estudado na teoria, implicou num aprimoramento do aprendizado dos alunos.

Nos próprios relatos escritos dos alunos houve menção à importância do experimento do transmissor para entender a real dificuldade de reproduzir o equipamento, da mesma forma, também foi encontrado relatos de que a prática ajudou a compreender as aplicações dos conceitos físicos na tecnologia.

Todas as etapas desse trabalho foram estruturadas no sentido de nos indicar de quais maneiras o uso do método de estudo de episódio histórico, associado à abordagem da história da ciência pode contribuir para a construção de conceitos científicos e desenvolver nos alunos um conceito de natureza da Ciência mais elaborado em relação ao senso comum. A partir do que foi exposto podemos identificar vários indicadores de que o estudo do episódio histórico teve uma vantagem clara no que diz respeito ao aspecto da compreensão da natureza da ciência.

Os relatos dos alunos sobre o contexto histórico e social, no qual se deu o desenvolvimento da trajetória de Landell de Moura, bem como o interesse pelas consequências sociais do dispositivo transmissor, deixaram claro que a proposta apresentou resultados mais abrangentes em relação a outras estratégias.

Sobre o aprendizado dos conceitos estudados, baseados nas avaliações dos questionários e atividades, pudemos perceber que o estudo do episódio histórico foi efetivo em relação aos conceitos avaliados. Esse aspecto, em particular, foi avaliado também nas outras duas estratégias, que se mostraram igualmente efetivas.

Esse resultado diferencial, obtido através do estudo do episódio histórico, obviamente não pode ser generalizado, entretanto foi verificado nas circunstâncias apresentadas nesse trabalho. Esse resultado, entretanto, aponta para uma tendência de que a postura de ensino baseada no estudo do episódio histórico traz consigo um potencial que transcende o aprendizado de conceitos, que alcança a

aplicação de tecnologia e a melhor compreensão sobre a natureza do saber científico.

É válido lembrar que os sujeitos da pesquisa são, por excelência, multiplicadores do conhecimento científico e, por essa razão, a aprendizagem bem sucedida dos conceitos trabalhados representa uma maior chance de êxito nas experiências futuras dos sujeitos em suas respectivas carreiras como docentes. Como ficou demonstrado na descrição de diversos relatos anteriores, os alunos apresentaram grande receptividade às estratégias de ensino adotadas, e demonstraram grande crescimento conceitual em diversos aspectos. Esses fatos somados nos mostraram a dimensão do resultado do trabalho.

Por fim pudemos contribuir no sentido de fornecer mais informações sobre as possibilidades, limitações e vantagens do estudo de um episódio histórico. Foi possível perceber semelhanças com resultados observados por outros pesquisadores em circunstâncias análogas, utilizando estratégias similares. Foi possível também analisar, além desse fato, de que a associação de estratégias práticas com o estudo do episódio histórico possibilitou um excelente aprendizado dos conceitos abordados.

Foram abordados, durante a revisão de literatura e quadro teórico, trabalhos que mostraram bons resultados com estratégias práticas, bem como trabalhos com bons resultados baseados em estudos de episódios históricos. Nesse trabalho evidenciamos os resultados positivos da combinação das estratégias. Cabem aos futuros trabalhos discutirem mais especificamente sobre a forma com que uma estratégia que aborda, simultaneamente, aspectos práticos, históricos, tecnológicos e sociais, influencia no aprendizado. Dessa forma o presente trabalho poderá prover suporte teórico para uma abordagem nesse sentido.

Temos consciência que os fenômenos envolvidos na aprendizagem são inúmeros e as variáveis são praticamente incontáveis, entretanto temos a confiança de que a soma dos esforços de vários pesquisadores, obtendo vários resultados a partir de diversas possibilidades de estratégias, possa ser no futuro suporte para conclusões mais gerais e precisas sobre a forma como ensinamos e aprendemos. Dessa forma esperamos que essa pesquisa possa trazer elementos que enriqueçam um pouco mais as informações sobre os resultados obtidos em pesquisas sobre ensino de

física. No processo temos certeza de que para nós, e os para os indivíduos participantes da pesquisa, ocorreram algumas mudanças na forma de pensar e agir.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABATTE, V. M. [Roberto Landell de Moura: o pai da bioeletrografia](#). In: KLÖCKNER, L.; CACHAFEIRO, M. S. (Org.). **Por que o Pe. Roberto Landell de Moura foi inovador?** Conhecimento, fé e ciência. Porto Alegre:EdiPUCRS: 2012. p. 80-87.
- ABD-EL-KHALICK, F. *Teaching With and About Nature of Science, and Science Teacher Knowledge Domains*. **Science & Education**, v. 22, 2013. p. 2087-2107.
- ALCANTARA, M. C.; BRAGA, M., Elementos histórico-culturais para o ensino dos instrumentos ópticos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 1, v. 34, abr. 2017.p. 109-130.
- ALLCHIN, D.; ANDERSEN, H. M.; NIELSEN, K. *Complementary Approaches to a Teaching Nature of Science: Integrating Student Inquiry, Historical Cases, and Contemporary Cases in Classroom Practice*. **Science & Education**, v. 98, Issue 3. maio, 2014. p. 461-486.
- ADÚRIZ-BRAVO, A.; MORALES, L. *El Concepto de Modelo en la Enseñanza de la Física – Consideraciones Epistemológicas, Didácticas y Retóricas*. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, n. 1, v. 19, abr., 2002.p. 79-92.
- ALENCAR, M. S. “*Historical Evolution of Telecommunications in Brazil*”. Project 2002-076 -**Final Report, IEEE Foundation, Piscataway, USA, 2003.**
- _____ et al. *What Father Landell de Moura Used to Do in His Spare Time*. In: *Proceedings of the 2004 IEEE. Conference on the History of Electronics, Bletchley Park, England, Jun. 2004. Published in CD.*
- ALMEIDA, BENEDITO HAMILTON. **Padre Landell de Moura: Um herói sem glória**. São Paulo: Record, 2006.
- ARCHILA, P A. *Using History and Philosophy of Science to Promote Students’ Argumentation: A Teaching–Learning Sequence Based on the Discovery of Oxygen*. **Science & Education**, n.1, v. 24, 2015. p.1201-1226.
- AUGÈ, Pierre Schwartz. **Restrições Cognitivas e o Desenvolvimento na História da Ciência e no Indivíduo das Concepções Sobre Queda Dos Corpos e Ação Física**. 2014. 169 f. Tese (Doutorado) – Programa de pós-graduação em Educação da Universidade Federal Fluminense, Rio de Janeiro, 2014.
- AULER, D.; DELIZOICOV, D. Alfabetização Científico Tecnológica Para Quê? **Ensaio- Pesquisa em Educação em Ciências**,n. 1, v.3, jun. 2001. p. 122-134.
- AUSUBEL, D. P.; NOVAK, J. D.; HANESIAN, H. **Psicología Educativa: un punto de vista cognoscitivo**. México: Trillas, 1983.
- _____ **Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva**. 2.ed. Lisboa: Plátano Editora Edições Técnicas Ltda, 2003.
- BACHELARD, G. **Estudos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Contraponto, 2007.

_____ **Conhecimento comum e conhecimento científico.** São Paulo: Tempo Brasileiro, 1972

_____ **A formação do Espírito científico.** Rio de Janeiro: Contraponto, 1996.

BADILLO, R. G. *Un concepto epistemológico de modelo para la didáctica de las ciencias experimentales.* **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, n. 3, v. 3, 204, p. 301-319.

BAIR, D.E. R. **Scerri, & L. MacIntyre, *Filosofía de la química: Síntesis de una nueva disciplina.*** México: Fondo de Cultura Económica, 2011.

BAGDONAS, A.; [SILVA, C. C.](#) Controvérsias sobre a natureza da ciência na educação científica. In: SILVA, C.; PRESTES, M. E. (Org.). **Aprendendo ciência e sobre sua natureza: abordagens históricas e filosóficas.** 1.ed. São Carlos: Tipografia, 2013. p. 209-218.

BARBETA, V. B.; YAMAMOTO, I. Dificuldades conceituais em física apresentadas por alunos ingressantes em um curso de engenharia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, n. 3, v. 24, São Paulo, 2002. p. 324-341.

BARDIN, L. **Análise de conteúdo.** 3. ed. Lisboa: Edições 70, 2004.

BARROS, M. A.; CARVALHO, A. M. P. A História da Ciência iluminando o ensino de visão. **Ciênc. educ. (Bauru)**, n. 1, v.5, Bauru, 1998. p. 83-94. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73131998000100008&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 4 out. 2016.

BASSALO, J. M. F. **A crônicas da Física do Estado Sólido. Do tubo de Geisser às Válvulas de Vácuo.** Belém, EDUFPA, 1992.

BATISTA, I. L.; LUCAS, L. B. Contribuições axiológicas à educação científica: valores cognitivos e a seleção natural de Darwin. **Ciênc. educ. (Bauru)**, n. 1, v. 19, Bauru, 2013. p. 201-216. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132013000100014&lng=en&nrm=iso. Acessado em: 4 out. 2016.

BELTRAN, M. H. R.; RODRIGUES, S. P.; ORTIZ, C. E. História da Ciência em Sala de aula – Propostas para o ensino das Teorias da Evolução. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v. 4, 2011. p. 49-61.

BENSAUDE-VINCENT, B.; STENGERS, I. **História da Química.** Lisboa: Instituto Piaget, 1992.

BERLAND, L.; CRUSET, K. *Epistemological Trade-offs: Accounting for Context: When Evaluating Epistemological Sophistication of Student Engagement in Scientific Practices.* **Science & Education**, v. 100, Issue 1, jan. 2016. p. 5-29.

BLOWN, E. J.; BRYCE, T. G. *Thought-Experiments About Gravity in the History of Science and in Research into Children's Thinking*. **Science & Education**, v. 22, 2013. p. 419-481.

BOAS, A. V.; SILVA, M. R.; PASSOS, M. M.; ARRUDA, S. M. História da ciências e natureza da ciência: debates e consensos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 2, v. 30, ago. 2013. p. 287-322.

BONILHA FILHO, S. M. **Campo Landeliano**. 2010. 138 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Comunicação e Artes da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2010.

BOSS, S. L. B.; CALUZI, J. J. Uma breve biografia de Stephen Gray (1666-1736). **Rev. Bras. Ensino Fís.**, n. 1, v. 32, São Paulo, mar. 2010.p. 1602-1609. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172010000100021&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 9 jan. 2018.

_____ PEREIRA FILHO, M.; CALUZI, J. J. Traduções de fonte primária – algumas dificuldades quanto à leitura e o entendimento. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS, 8, 2011, **Atas...**Campinas, Universidade Estadual de Campinas, 2011. p.1-13. Disponível em: <<http://www.nutes.ufrj.br/abrapec/viiiinpec/resumos/R0441-1.pdf>>. Acessado em: 20 fev. 2018.

BRAGA, M.; GUERRA, A.; REIS, J.C. *The Role of Historical-Philosophical Controversies in Teaching Sciences: The Debate Between Biot and Ampere*. **Science & Education**, v. 21, 2012. p. 921-934.

_____ REIS, J. C. O papel dos livros didáticos franceses no século XIX na construção de uma concepção dogmática-instrumental do ensino de física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 3, v. 25, dez. 2008. p. 507-522.

BRAKEL, J. V. **Philosophy of chemistry. Between the manifest and the scientific image**. Leuven: Leuven University Press, 2000.

BRASIL. **Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias** / Secretaria de Educação Básica. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006.

_____ **DECRETO N.º 19.890**. Dispõe sobre a organização do ensino secundário. 18 de abril de 1931. Rio de Janeiro: Senado Federal, 1931.

_____ **PCN+ Orientações Educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais**. 2007 Disponível em: http://www.sbfisica.org.br/arquivos/PCN_FIS.pdf. Acessado em: 11 jul. 2017.

BRAVO, S.; PESA, M. *El fenómeno de la difracción en la historia de la óptica y en los libros de texto reflexiones sobre sus dificultades de aprendizaje*. **Investigações em Ensino de Ciências**, n. 2, v. 20, 2015. p. 76-102.

BRENNI, P. *The Evolution of Teaching Instruments and Their Use Between 1800 and 1930*. **Science & Education**, v. 21, 2012. p. 191-226.

BRICCIA, V.; CARVALHO, A. M. P. Visões sobre a natureza da ciência construídas a partir do uso de um texto histórico na escola média. **Revista Electrónica de Enseñanza de Las Ciencias**, n. 1, v. 10, 2011. p.1-22.

BROWN, A.; DOWLING, P. **Doing research/reading research: a Doing research/reading research mode of interrogation for teaching**. Londres: Routledge Falmer, 2001.

CACHAPUZ, A. et al. **A necessária renovação do ensino de ciências**. São Paulo: Ed. Cortez, 2005.

CAROPRESO, F. S. A Provisoriedade do Conhecimento Científico: uma reflexão sobre a Filosofia de Karl Popper. **Revista Uniara**, n. 19.2006.

CARVALHO, A. M. P.; VANNUCCHI, A. I. *History, Philosophy and Science Teaching: Some Answers to "How?"*. **Science & Education**, n. 5, v. 9, 2000. p. 427-448.

CHALMERS, A. F. **O que é ciência afinal?** 1. ed. Brasiliense: São Paulo, 1993.

CHASSOT, A. **Alfabetização científica: questões e desafios para a educação**. Ijuí: Editora Unijuí. 2000.

CHAMIZO, J. A. *Heuristic Diagrams as a Tool to Teach History of Science*. **Science & Education**, v. 21, 2012. p. 745-762.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Q. As conferências Nobel de Marie e Pierre Curie: A gênese da radioatividade no ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, dez. 2010. p. 473-514.

CORDEIRO, M. D.; PEDUZZI, L. O. Entre os transurânicos e a fissão nuclear: um exemplo do papel da interdisciplinaridade em uma descoberta científica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 2, v. 31, dez. 2014. p. 536-563.

CORDOVA, H.; TORT, A. C. Medida de g com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, n. 2, v. 38, São Paulo, 2016. p. 2308.

COSTA, E. B. L A História da Ciência e o ensino da recursividade: as torres de Hanói. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v. 4, 2011. p. 38-48.

CRUZ, F. F. S. O conceito de força na idade média. **Cad. Cat. Ens. Fis.**, n. 2, v.2, Florianópolis, ago. 1985. p. 64-73.

CUNHA, A.; GOMES, G. Física Moderna no Ensino Médio e sua necessidade de sincronização conceitual. **Física na Escola**, n. 1, v. 13, 2012.

CUNHA, A. E. et al. Envolver os alunos na realização de trabalho experimental de

forma produtiva: o caso de um professor experiente em busca de boas práticas.

Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, n. 3, v. 11, 2012. p. 635-659.

DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.A. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1990.

DIJK, E. M. Van, *Understanding the Heterogeneous Nature of Science: A Comprehensive Notion of PCK for Scientific Literacy*. **Science & Education**, v. 98, Issue 3, maio 2014. p. 397-411.

DONNELLY, C. G. J.; LEACH, J. “A cross-sectional study of the understanding of the relationships between concentration and reaction rate among Turkish secondary and undergraduate students”. In. BOERSMA, K. et al. **Research and the Quality of Science Education**. Dordrecht: Springer, 2005. p. 483-497.

DUARTE, M. C. A história da ciência na prática de professores portugueses: Implicações para a formação de professores de ciências. **Ciência & Educação**, n. 3, v. 10, 2004. p. 317-331.

DUCHEYNE, S. *The Cavendish Experiment as a Tool for Historical Understanding of Science*. **Science & Education**, v. 21, 2012. p. 87-108.

DWORAKOWSKI, L. A. et al. Uso da plataforma Arduino e do software PLX-DAQ para construção de gráficos de movimento em tempo real. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, n. 3, v. 38, São Paulo, 2016. p. 3503.

ECHEVERRÍA, A. R. Como os estudantes concebem a formação de soluções. **Química Nova na Escola**, n. 3, 1996. p.15-18.

EL-HANI, C. Notas sobre o ensino de história e filosofia da ciência na educação científica de nível superior. In: SILVA, C. C. (Org.). **Estudos de História e Filosofia das Ciências: Subsídios para Aplicação no Ensino**. São Paulo: Livraria da Física, 2006. p.3-21.

ÉVORA, F. R. D. A descoberta do telescópio: Fruto de um raciocínio dedutivo? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 6, jun. 1989.

FERREIRA, A. M. P.; FERREIRA, M. E. M. P. A História da Ciência na formação de professores. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v. 2, 2010. p.1-13.

FOLMER, V. et al. *Experimental activities based on ill-structured problems improve Brazilian school students' understanding of the nature of scientific knowledge*. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, n. 1, v. 8, 2009.

FORATO, T. C. M. **A natureza da ciência como saber escolar**: um estudo de caso a partir da história da luz. 2009. 200 f. Tese (Doutorado em Educação) –Programa de Pós-Graduação em Educação da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

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

_____ MARTINS, R. A.; PIETROCOLA, M. *History and Nature of Science in High School: Building Up Parameters to Guide Educational Materials and Strategies*. **Science & Education**, v. 21, 2012. p. 657-682.

FRANCISCO, W. C. E. “**Bússola**”. Brasil Escola. Disponível em: <<http://www.brasilecola.com/geografia/bussola.htm>>. Acessado em: 14 set. 2015.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia, saberes necessários à prática educativa**. Paz e Terra, 1996.

_____ **Pedagogia do Oprimido**. 17. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1987.

FUSELIER, L. C.; JACKSON, J. K.; STOIKO, R. *Social and Rational: The Presentation of Nature of Science and the Uptake os Change in Evolution Textbooks*. **Science & Education**, v. 100, Issue 2, mar. 2016. p. 239-265.

GALILI, I. *Promotion of cultural content knowledge through the use of the history and philosophy of science*. **Science & Education**, n. 9, v. 21, Dordrecht, 2012. p. 1283-1316.

GARRISON, J. et al. **Critical-constructivism, science education, and teachers' epistemological development**. Disponível em: <http://opus.cilea.it/cgi-bin/fisicasite>. Acesso em: 14 jul. 2017.

GATTI, S. R. T.; NARDI, R.; SILVA, D. A história da ciência na formação do professor de física: subsídios para um curso sobre o tema atração gravitacional visando às mudanças de postura na ação docente. **Ciência & Educação (Bauru)**, n. 3, v. 10, Bauru, dez. 2004. p. 491-500. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132004000300012&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 4 out. 2016.

_____; NARDI, R. História da ciência no ensino de física: um estudo sobre o ensino de atração gravitacional desenvolvido com futuro professores. **Investigações em Ensino de Ciências**, n. 1, v. 15, 2010. p. 7-59, 2010.

GUERRA, A.; REIS, J. C.; BRAGA, M. Tempo espaço e simultaneidade: uma questão para os cientistas, artistas, engenheiros e matemáticos do século XIX. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 3, v. 27, dez. 2010. p. 568-583.

GOBARA, S. T.; GARCIA, J. R. B. As licenciaturas em física das universidades brasileiras: um diagnóstico da formação inicial de professores de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, n. 4, v. 29, 2007. p. 519-525.

GODOI, L. C. O.; FIGUEROA, S. F. M. Dois pesos e duas medidas: uma proposta para discutir a natureza do sistema de unidades de medida na sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 3, v. 25, 2008. p. 523-545.

GONDIN, C. M. M.; MACHADO, V. M. A História da Ciência como Base para a Formação Docente no Ensino de Química no Ensino Fundamental: algumas reflexões. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v. 8, 2013. p.1-19.

GORDILLO, M. M. Metáforas y simulaciones: alternativas para la didáctica y la enseñanza de las ciencias. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, n. 3, v. 2, 2003. p. 1-21.

GRAY, R. *The Distinction Between Experimental and Historical Sciences as a Framework for Improving Classroom Inquiry*. **Science & Education**, v. 98, Issue 2, mar. 2014. p. 327–341.

GRIFFITHS, D. J. **Introduction to Electrodynamics**. 4. ed. New Jersey: Prentice Hall, 1999.

GUTTMANN, G. A. M.; BRAGA, M. A origem do universo como tema para discutir a Natureza da Ciência no Ensino Médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 2, v. 32, ago. 2015. p. 442-460.

HALLIDAY, D. R.; WALKER, R. **Fundamentos de Física**. v. 3, 4. ed. Rio de Janeiro: LTC Editora, 1996.

HAZEN, R. M.; TREFIL, J. **Saber Ciências**. São Paulo: Editora de Cultura, 2005.

HERMAN, B.; CLOUGH, M. P.; OLSON, J. K. *Teacher's nature of science implementation practices 2-5 years after having completed an intensive science education program*. **Science & Education**, v. 97, Issue 2, mar.2013. p. 271-309.

HIDALGO, M. R.; LORENCINI JÚNIOR, A. Reflexões sobre a inserção da História e Filosofia da Ciência no Ensino de Ciências. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v. 14, 2016. p.19-38.

IORDANOU, K.; CONSTANTINOU, C. P. *Supporting Use of Evidence in Argumentation Through Practice in Argumentation and Reflection in the Context of SOCRATES Learnig Environment*. **Science & Education**, v. 99, Issue 2, mar. 2015. p. 282-311.

JOU, G. F. **Historia de La farmacia**. Madri: Afrodisio Aguado S.A., 1951.

KAVALEK, D. S. et al. Filosofia e História da Química para educadores em Química. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v.12, 2015. p.1-13.
KIND, V. **Beyond Appearances: Students' misconceptions about basic chemical ideas**. 2. ed. Durham: Durham University, 2004.

KHUN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. 7. ed. Tradução de B. Vianna Boeira e N. Boeira. São Paulo: Perspectiva, 2003.

KLASSEN, S. et al. *Portrayal of the History of the Photoelectric Effect in Laboratory Instructions*. **Science & Education**, v. 21, 2012. p. 729-743.

LATIFA, O.; ALAIN, D. *L'apprentissage dutitrage des polyacides par une approche expérimentale: une étude de cas à L'Université de Tunis*. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, n. 3, v. 13, 2014. p. 355-372.

LEME M. A. A.; PORTO P. A. Concepções de Professores de Química sobre História da Ciência: Perfil de Licenciandos em uma Faculdade Particular. **Atas da 30.^a Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química**, n. 80, 2007.

LINHARES, M.; REIS, E. Estudos de caso como estratégia de ensino na formação de professores de física. **Ciência e Educação**, n. 3, v. 14, 2008. p. 555-574.

LEDERMAN, N.G. *Student's and teacher's conceptions of the nature of science: a review of the research*. **Journal of Research in Science Teaching**, n. 4, v. 29, 1992. p. 331-359.

_____. *Nature of science: past, present and future*. In. ABBEL S. K.; LEDERMAN, N. G. (Eds.). **Handbook of Research on Science Education**. Mahwah: Lawrence Erlbaum Associates, 2007. p. 831-880.

LEWIS, J. L. **História da Ciência e seu lugar num curso de Física**: O ensino da Física escolar I. Trad. Eduardo Saló. São Paulo: Martins Fontes, 1976.

LONDERO, L. A história e filosofia da ciência na formação de professores de física: controvérsias curriculares. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v. 11, 2015. p. 18-32.

MALDANER, O. A. **A formação inicial e continuada de professores de Química**: Professor/ Pesquisador. 2. ed. Ijuí: Editora Unijuí, 2003.

MALHEIRO, J. M. S.; DINIZ, C. W. P. Aprendizagem Baseada em Problemas no Ensino de Ciências: a mudança de atitude de alunos e professores. **AMAZÔNIA. Revista de Educação em Ciências e Matemáticas**, n. 7, v. 4, jul./dez. 2007.

MANGILI, A. I. Heinrich Rudolph Hertz e a “descoberta” do efeito fotoelétrico: Um exemplo dos cuidados que devemos ter ao utilizar a história da ciência na sala de aula. **História da Ciência e do Ensino**, v.6, 2012. p. 32-48.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

MARQUES, D. M. Formação de professores de ciências no contexto da História da Ciência **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v. 11, 2015. p. 1-17.

MARTINS, R. A.; SILVA, C. C. *Newton and color: the Complex Interplay of Theory and Experiment*. **Science & Education**, n. 10, 2001. p. 287-305.

MARTINS, A. F. P. Resenha: Tempo físico: a construção de um conceito. **Brasileiro de Ensino de Física**, n. 1, v.25, 2008.

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

MARTINS, R. A. Arquimedes e a coroa do rei: Problemas históricos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 2, v.17, 2000.

_____. O estudo experimental sobre o magnetismo na Idade Média, com uma tradução da carta sobre o magneto de Petrus Peregrinus. **Rev. Bras. Ensino Fís.**, n. 1, v. 39, São Paulo, 2017. p. 1601. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172017000100701&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 22 mar. 2018.

MARINS, R. A. Introdução: A história das ciências e seus usos na educação. In: SILVA, C. C. **Estudos de história e filosofia das ciências**: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Livraria da Física, 2006.

MARTORANO, S. A. A.; MARCONDES, M. E. R. Investigando as ideias e dificuldades dos professores de química do ensino médio na abordagem da história da química. **História da Ciência e Ensino**, v. 6, 2012. p. 16-31.

_____. CARMO, M. P.; MARCONDES, M. E. R. A História da Ciência no Ensino de Química: o ensino e aprendizagem do tema cinética química. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v.9, 2014. p. 19-35.

MARQUES, D. M. Formação de professores de ciências no contexto da história da ciência. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v.11, 2015. p.1-17.

MATTHEWS, M. R. **Science teaching – the role of history and philosophy of science**. New York: Routledge, 1994.

_____. História e Filosofia da Ciência: a tendência atual de reaproximação. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, n. 3, v. 12, dez. 1995. p. 164-214.

MCCOMAS, W. F. *The history of science and the future of science education: A typology of approaches to the history of science in science instruction*. In: KOKKOTAS, P. V.; MALAMISTA, K. S.; RIZAKI, A. A. (Eds.) **Adapting Historical Knowledge Production to the Classroom**. Rotterdam: Sense Publishers, 2010. p 37-54.

_____. 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. (Org.). **Aprendendo ciência e sobre sua natureza**: abordagens históricas e filosóficas. 1.ed. São Carlos: Tipografia Editora, 2013.

MEDEIROS, A. As Origens Históricas do Eletroscópio. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, n. 3, v. 24, São Paulo, set. 2002. p. 353-361. Disponível em:

<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172002000300013&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 22 mar. 2018.

MEDINA, M.; BRAGA, M. O teatro como ferramenta de aprendizagem da física e de problematização da natureza da ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 2, v. 27, ago. 2010. p. 313-333.

MENDONÇA, M. C. N. F. **A história da eletricidade no século XVIII e o ensino da Física**. 2007. 185 f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em física da Universidade de Coimbra, Coimbra, 2007.

MOREIRA, M. A.; CREY I. Dificuldades dos alunos na aprendizagem da lei de Gauss em nível de física geral à luz da teoria dos modelos mentais de Johnson-Laird. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, n. 3, v. 28, 2006. p. 353-360.

_____. **O que é afinal aprendizagem significativa?** Aula Inaugural do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências Naturais, Instituto de Física, Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT, 23 de abril de 2010.

_____. Oxigênio: uma abordagem filosófica visando discussões acerca da educação em ciências - parte 1: poder e ambição. **Ciênc. educ. (Bauru)**, n. 4, v. 18, Bauru, 2012. p. 803-818. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132012000400005&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 4 out. 2016.

_____. Aprendizagem significativa: um conceito subjacente. **Aprendizagem Significativa em Revista/Meaningful Learning Review**, n. 3, v. 1, 2011. p. 25-46.

_____; MASINI, E. F. S. **A Aprendizagem Significativa**. A Teoria de David Ausubel. São Paulo: Editora Moraes, 1982.

MOTA, G. C.; CLEOPHAS, M. G. História da Ciência: elaborando critérios para analisar a temática nos livros didáticos de química do ensino médio. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v. 11, 2015. p. 33-55.

MOURA, B. A. Newton versus Huygens: como (não) ocorreu a disputa entre suas teorias para a luz. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 1, v. 33, abr. 2016. p. 111-141.

NARDI, R. História da ciência x aprendizagem: algumas semelhanças detectadas a partir de um estudo psicogenético sobre as idéias que evoluem para a noção de campo de força. **Enseñanza de las Ciencias**, n. 1, v. 12, 1994. p. 101-106.

_____; CARVALHO, A. M. P. Ensino do Conceito de Campo de Força. In: NARDI, R. (Org.). **Pesquisas em Ensino de Física**. São Paulo: Escrituras Editora, 1998. p.61-70.

NEVES, M. C. D. A história da ciência no ensino de física. **Ciência & Educação (Bauru)**, n. 1, v. 5, Bauru, 1998. p. 73-81. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73131998000100007&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 3 out. 2016.

_____. et al. Galileu fez o experimento do plano inclinado? **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**, n.1, v. 7, 2008.

_____; SAVI, A. A. A sobrevivência do alternativo: uma pequena digressão sobre mudanças conceituais que não ocorrem no ensino de Física. **Ciência & Educação (Bauru)**, n. 1, v. 6, Bauru, 2000. p. 11-20. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132000000100002&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 3 out. 2016

NUNES, S. R. Uma imagem vale mais que mil palavras: A falha da língua no infográfico impresso. **Revista Ecos**, v. 10, 2011. p. 233-241.

NUSSENZVEIG, H. M. **Curso de Física Básica 3 Eletromagnetismo**. São Paulo: Ed. Edgard Blücher LTDA, 1999.

OLIVA, W. M. Aulas de Marie Curie: anotadas por Isabelle Chavannes em 1907. Resenha. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n.3, v. 33, dez. 2016. p. 1161-1165.

OLIVEIRA, E. S.; OLIVEIRA, E. S. A educação científica na formação inicial de professores. **XVI ENDIPE**– Encontro Nacional de Didática e Práticas de Ensino. Campinas: UNICAMP, 2012.

ORLANDI, E. P. **As formas do silêncio no movimento dos sentidos**. Campinas: Editora da Unicamp, 1997.

OTERO-GARCIA, S. C. Disciplinas de Análise na História de seu Ensino: uma trajetória no curso de licenciatura em matemática da USP de São Paulo. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v. 11, 2015. p. 56-90.

PASSOS, J. C. Os experimentos de Joule e a primeira lei da termodinâmica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, n. 3, v.31, São Paulo, set. 2009.p. 3603.1-3603. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172009000300013&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 3 out. 2016.

PEDDUZZI, L. O. Q. **Sobre a utilização didática da História da Ciência**. In: PIETROCOLA, M. Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia numa concepção integradora. Florianópolis: Editora da UFSC, 2001.

PEDDUZZI, L. O. Q.; TENFEN, D. N.; CORDEIRO, M. D. Aspectos da Natureza da Ciência em animações potencialmente significativas sobre a história da ciência. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 29, n. 2, out. 2012. p. 758-786.

PEDDUZZI, L. O. Q.; MARTINS, A. F. P.; FERREIRA, J. M. H. (Org.). Temas de História e Filosofia da Ciência no Ensino. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 1, v. 30, abr. 2013. p. 227-236.

PENA, F. L. A.; FILHO, A. R. O uso didático da história da ciência após a implementação dos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio (PCNEM): um estudo a partir de relatos de experiências pedagógicas publicadas em

periódicos nacionais especializados em ensino de ciências. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 1, v.26, 2009.

_____. Já lhe perguntaram por que a onda de rádio, seja ela de Amplitude Modulada (AM) ou de Frequência Modelada (FM), é chamada de portadora? O que é uma onda portadora? **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 1, v. 30, abr. 2013. p. 209-212.

PENEREIRO, J. C. Galileo e a defesa de sua cosmologia copernicana: a sua visão do universo. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 1, v. 26, abr. 2009. p. 173-198.

PEREIRA, A. C. C. **Teorema de Thales**: uma conexão entre os aspectos geométrico e algébrico em alguns livros didáticos de Matemática. 2005. 123 f. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) – Programa de Pós-Graduação em Educação Matemática da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, Unesp – Rio Claro, 2005.

PEREIRA, G. J. S. A.; MARTINS, A. F. P. A inserção de disciplinas de conteúdo histórico-filosófico no currículo dos cursos de licenciatura de física e de química dos cursos da UFRN: uma análise comparativa. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 1, v. 28, abr. 2011. p.229-258.

PIETROCOLA, M. A matemática como estruturante do conhecimento físico. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, n. 1, v. 19, 2002. p. 88-108.

POPPER, K. R. **Conhecimento objetivo**. São Paulo: EDUSP, 1975.

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

PORTOLÉS, J. J. S.; CABO, M. M. *El espacio vacío y sus implicaciones en la historia de la ciencia*. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, n. 2, v.14, 1997.

PRAIA, J.; GIL-PÉREZ, D.; VILCHES, A. O Papel da Natureza da Ciência na Educação Pela Cidadania. **Ciência & Educação**, n. 2, v. 13, 2007. p. 141-156.

PRADO, F. D. Experiências curriculares com a história e filosofia da física. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, n. 6, Florianópolis, jun. 1989. p. 9-17.

PULIDO, M. D.; SILVA, A. N. Do calórico ao calor: uma proposta de ensino de química na perspectiva histórica. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v. 3, 2011. p. 52-77.

PUMFREY, S.; TILLEY D. *William Gilbert: forgotten genius*. **Physics World**, n. 11, v. 16, nov. 2003. p. 15-16.

QUEIROZ, G. P.; TEIXEIRA, S. K. As revoluções que não convencem: um desafio para o ensino de física. **Revista Brasileira de História da Ciência**, n. 80, Rio de Janeiro, 1992. p. 31-46.

QUINTAL, J. R.; GUERRA, A. A história da ciência no processo ensino-aprendizagem. **Revista Física na Escola**, n. 1, v. 10, 2009.

RAICIK, A. C.; PEDUZZI, L. O. Q. Potencialidades e limitações de um módulo de ensino: uma discussão histórico-filosófica dos estudos de gray e dufay. **Investigações em Ensino de Ciências**, n. 2, v. 20, 2015. p. 138-160.

RAPOSO, W., L. História e Filosofia da Ciência na Licenciatura em Física, uma proposta de ensino através da pedagogia de projetos. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 3, v. 31, dez. 2014. p. 722-738.

REIS, A. S.; SILVA, M. D. B.; BUZA, R. G. C. O uso da história da ciência como estratégia metodológica para a aprendizagem do ensino de química e biologia na visão dos professores do ensino médio. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v. 5, 2012. p.1-12.

REIS, U. V.; REIS, J. C. O. Os conceitos de espaço e de tempo como protagonistas no ensino de Física: um relato sobre uma sequência didática com abordagem histórico-filosófica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 3, v. 33, dez. 2016. p. 744-778.

ROBILOTTA, M. R. O Cinza, o Branco e o Preto – da relevância da História da Ciência no ensino da Física. **Caderno Catarinense do Ensino de Física**, v.5, jun. 1988.p. 0-7-22.

ROCHA, J. F. M.O conceito de campo em sala de aula – uma abordagem histórico-conceitual. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, n. 1, v. 31, 2009. p. 1604.

_____. Origem e evolução do eletromagnetismo. In: ROCHA, J. F.M. **Origens e evolução das idéias da Física**. Salvador: Edufba, 2002. p. 185-280.

RODRIGUES, I. D.**Pe. Roberto Landell de Moura**: A história documentada. Porto Alegre: Ed. CORAG, 2015.

RODRIGUES JÚNIOR, E. R. Implicações didáticas de história da ciência no ensino de Física: Uma revisão de literatura através da análise textual discursiva. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n.3, v. 32, 2015.

_____; LUNA, F. J.; LINHARES, M. P. Critérios para a avaliação de materiais didáticos impressos de História da Ciência para a Educação a Distância. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 2, v. 31, ago. 2014. p. 429-462.

_____; et al. Um estudo de caso histórico sobre o experimento de Foucault no Brasil, elaborado por uma professora do ensino médio na formação continuada a distância. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 1, v. 33, abr. 2016. p. 162-193.

RODRIGUES, O. **Dicionário de curiosidades**. Santos: Secretaria de Turismo, Cultura e Esportes da Prefeitura Municipal de Santos, 1973.

RODRIGUES, S. P. Uma contribuição para o ensino da sistemática na sala de aula: relato de experiência sobre a classificação dos animais de Aristóteles e Linné. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v. 2, 2010. p. 89-97.

RUSS, R. S. *Epistemology os Science vs Epistemology for Science*. **Science & Education**, v. 98, Issue 3, maio 2014. p. 388-396.

SAITO, F. História da Ciência e Ensino: em busca de diálogo entre historiadores e educadores. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v. 1, 2010. p. 1-6.

SALVETTI, A. R. **A história da luz**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2008.

SANTIN FILHO, O.; TSUKADA, V. K.; CEDRAN, J. C. O indutivismo ingênuo nas atividades experimentais iniciais de curso de graduação em Química: o experimento da vela. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v. 2, 2010. p. 48-75.

SANTOS, A. A. M.; AMORIM, H. S.; DERECZYNSKI, C. P. Investigação do fenômeno ilha de calor urbana através da utilização da placa Arduíno e de um sítio oficial de meteorologia. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, n. 1, v. 39, São Paulo, 2017. p. 1505. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-1172017000100605&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 23 mar. 2017.

SANTOS, A. J. J.; VOELZKE, M. R.; ARAÚJO, M. S. T. O projeto Eratóstenes: A reprodução de um experimento histórico como recurso para a inserção de conceitos de astronomia no ensino médio. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 3, v. 29, dez. 2012. p. 1137-1174.

SANTOS, B. S. **A crítica da razão indolente**: contra o desperdício da experiência. 4. ed. São Paulo: Cortez, 2002.

SANTOS, C. A. Azevedo, Landell ou Marconi: quem é o pioneiro? **Revista Conexão, Comunicação e Cultura**, n. 3, v. 2, 2003. p. 1677-0943.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. Alfabetização Científica: Uma Revisão Bibliográfica. **Investigações em Ensino de Ciências**, n. 1, v.16, 2011. p. 59-77.

SCERRI, E. R. “*Philosophical Confusion in Chemical Education Research*”. **Journal of Chemical Education**, n. 5, v. 80, 2003.

_____ ; MCINTYRE, L. “*The case for the philosophy of chemistry*”. **Synthese**, v. 3, v. 111, jun. 1997. p. 213-232.

SCHIZAS, D.; PSILLOS, D.; STAMOU G. *Nature of Science or Nature of Sciences?* **Science & Education**, v. 100, Issue 4, jul. 2106. p. 706-733.

SCHUMMER, J. "The philosophy of chemistry: From infancy towards maturity". In. BAIR, D.; SCERRI, E. R.; MACINTYRE, L. **Philosophy of chemistry: Synthesis of a new discipline**. Dordrecht: Springer, 2006. p. 19-39.

SEKER, H.; GUNAY, B. G. *History of Science in the Physics Curriculum: A Directed Content Analysis of Historical Sources*. **Science & Education**, v. 21, 2012. p. 683-703.

SEQUEIRA, M.; LEITE, L. A História da Ciência no Ensino-Aprendizagem das Ciências. **Revista Portuguesa de Educação**, n. 2, v.30. 1988.

SERRES, M. S. (ed.) **Elementos para uma História das Ciências**, v. II e III. Lisboa: Terramar, 1996.

SICCA, N. A. L. O lugar da história da ciência nas políticas curriculares brasileiras para o ensino de química. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v. 12, 2015. p. 1-14.

Silva, C. C., & Martins, R. A. (2003). A teoria das cores de newton: um exemplo do uso da história da ciência em sala de aula. *Ciência & Educação*. (Bauru), 9(1), 53-65.

SILVA, A. H.; FOSSÁ, M. I. T. Análise de conteúdo: exemplo de aplicação da técnica para a análise de dados qualitativos. **Qualit@s Revista Eletrônica**, n. 1, v. 17, 2015. p. 3.

SILVA, A. P. B.; GUERRA, A. História da Ciência e Ensino: Fontes primárias e propostas para sala de aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 1, v. 33, abr. 2016. p. 320-325.

SILVA, G. R. História da Ciência e experimentação: perspectivas de uma abordagem para os anos iniciais do Ensino Fundamental. **Revista Brasileira de História da Ciência**, n. 1, v. 6, Rio de Janeiro, 2013. p. 121-132.

SILVA, H. R. A.; MORAES, A. G. O estudo da espectroscopia no ensino médio através de uma abordagem histórico-filosófica: possibilidade de interseção entre as disciplinas de Química e Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 2, v. 32, ago. 2015. p. 378-406.

SILVA, L. C. M.; SANTOS, W. M. S.; DIAS, P. M. C. A carga específica do elétron: um enfoque histórico e experimental. **Revista Brasileira de Ensino Física**, n. 1, v. 33, São Paulo, mar. 2011. p. 01-07. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172011000100023&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 3 out. 2016.

SILVA, M. P.; SANTIAGO, M. A. Proposta para o ensino dos conceitos de ácidos e bases: construindo conceitos através da História da Ciência combinada ao emprego de um software interativo de livre acesso. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v. 5, 2012. p. 48-82.

SILVEIRA, S.; GIRARDI, M. Desenvolvimento de um kit experimental com Arduino para o ensino de Física Moderna no Ensino Médio. **Revista Brasileira de Ensino**

Física, n. 4, v. 39, São Paulo, 2017. p. 4502. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172017000400603&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 23 mar. 2018.

SIN, C. *Epistemology, Sociology, and Learning an Teaching in Physics*. **Science & Education**, v. 8, Issue 2, mar. 2014. p. 342-365.

SORPRESO, T. P; ALMEIDA, M. J. Pereira Monteiro de. Discursos de licenciandos em física sobre a questão nuclear no ensino médio: foco na abordagem histórica. **Ciência & Educação (Bauru)**, n. 1, v. 16, Bauru, 2010. p. 37-60. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132010000100003&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 4 out. 2016.

SOUZA, A. L. et al. Argemiro e a lâmpada das Alagoas: uma experiência na Belle Époque. **Revista Brasileira de Ensino Física**, n. 1, v. 35, São Paulo, mar. 2013. p. 1-7. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172013000100027&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 3 out. 2016.

SOUZA, R. S.; SILVA, A. P. B.; ARAUJO, T. S. James Prescott Joule e o equivalente mecânico do calor: reproduzindo as dificuldades do laboratório. **Revista Brasileira de Ensino Física**, n. 3, v. 36, São Paulo, set. 2014. p. 1-9. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172014000300009&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 3 out. 2016.

TAVARES, L. H. W. Os tipos de abordagem Histórica no Ensino: Algumas possibilidades encontradas na literatura. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v. 2, 2010. p.14-24.

TEIXEIRA, E. S.; GRECA, I.M.; FREIRE JUNIOR, O. *The History and Philosophy of Science in Physics Teaching: A Research Synthesis of Didactic Interventions*. **Science & Education**, v. 21, 2012. p. 771-796.

_____; PEDUZZI L. O. Q.; FREIRE JUNIOR, O. Os caminhos de Newton para a gravitação universal: Uma revisão do debate historiográfico entre Cohen e Westfal. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 2, v. 27, ago. 2010. p. 215-254.

TEIXEIRA, R. R. P.; PEREIRA, R. G.; TAKEUCHI, M. Y. A distribuição normal e o quincunx. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, n. 2, v. 25, ago. 2008. p. 340-353.

TIPLER, P. A.; MOSCA, G. **FÍSICA para Cientistas e Engenheiros: Eletricidade e Magnetismo, Óptica**. v. 2,4. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

TRENTIN, P. H. Alguns textos de história em livros de matemática: uma primeira aproximação. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v. 3, 2011. p. 1-6.

TOULMIN, S. **Os usos do argumento**. Tradução de R. Guarany. São Paulo: Martins Fontes, 2001.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. **Educação e Pesquisa**, n. 3, v. 31, São Paulo, set./dez. 2005. p. 443-466.

VANNUCCHI, A. **Historia e filosofia da ciência**: da teoria para a sala de aula. São Paulo: USP, 1996.

VARANIS, M.; SILVA, A. L. MERELES, A. G. *On mechanical vibration analysis of a multi degree of freedom system based on arduino and MEMS accelerometers*. **Revista Brasileira de Ensino Física.**, n. 1, v. 40, São Paulo, 2018. p.1304. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172018000100404&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 23 mar. 2016.

VIANA, H. E. B.; PEREIRA, L S.; OKI, M. C. C. A História da Química como disciplina de Graduação: Levantamento de concepções de graduandos do IQ/UFBA. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v. 4, 2011. p.6-12.

VIDAL, P. H. O; PORTO, P. A. Algumas contribuições do episódio histórico da síntese artificial da uréia para o ensino de química. **Revista História da Ciência e Ensino, construindo interfaces**, v. 4, 2011.p. 13-23.

_____; PORTO, P. A. A história da ciência nos livros didáticos de química do PNLEM 2007. **Ciência & Educação (Bauru)**, n. 2, v. 18, Bauru, 2012. p. 291-308. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132012000200004&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 4 out. 2016.

VITAL, A.; GUERRA, A. Textos para ensinar física: princípios historiográficos observados na inserção da história da ciência no ensino. **Ciência & Educação. (Bauru)**, n. 2, v. 22, Bauru, jun. 2016. p. 351-370. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132016000200351&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 4 out. 2016.

ZALTRÃO, C. J. S. **Resgate da Memória Científica Nacional**: A Obra do Padre Roberto Landell de Moura. 2006. Graduação (Monografia de conclusão de curso) Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.

ZANOTELLO, M. Leitura de textos originais de cientistas por estudantes do Ensino Superior. **Ciência & Educação (Bauru)**, n. 7, v. 17, Bauru, 2011. p. 987-1013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-73132011000400014&lng=en&nrm=iso>. Acessado em: 4 out. 2016

WOHLER, F. "On the artificial production of urea". In: LEICESTER, H. M.; KLINKTEIN, H. M. (Org.) **A Source Book in Chemistry 1400-1900**. Cambridge: Harvard University Press, 1952.

Apêndices

Anexo I

Null. com. exp. de m. data.
 Illm. Cam. Inv.

Roberto Landell de Moura, Lente de História Sagrada - Eclesiástica do Seminário Episcopal da Madre de Deus, em Porto Alegre, tendo obtido licença de dois meses para tratar de assumptos concernentes ao proprio ministerio, pede a V. E. se digne conceder-lhe faculdade para, durante este tempo, poder perceber a competente congrua, como lente da Cadeira supra-indicada.

Pelo que espera ser deferido.

E. R. Hees.

P. Roberto Landell de Moura

Cópia da carta redigida por Landell de Moura solicitando afastamento. (Fonte.

www.memoriallandelldemoura.com.br)

APÊNDICE I

Questionário 1

1- Qual a sua idade?

2 - Em qual período do curso de Licenciatura em Física você se encontra?

3 - Você já atua como professor?

Se atua (a) Quanto tempo? (b) Qual disciplina? (c) Que nível de ensino?

4 - Por que você escolheu a carreira de professor de Física?

5 - Quais as contribuições você espera das disciplinas de Estratégia de Ensino de Física para sua formação de professor?

6- O que você gostaria que fosse abordado nas disciplinas de Estratégia de Ensino de Física? De que forma seria essa abordagem em sala de aula.

7 – Cite quais características/habilidades deve ter, em sua opinião, um bom professor de física?

APÊNDICE II

Exemplo de um dos questionários respondidos pelos alunos.

Questionário 1

2

1- Qual a sua idade?

19

2 - Em qual período do curso de Licenciatura em Física você se encontra?

3:

3 - Você já atua como professor?

Se atua (a) Quanto tempo? (b) Qual disciplina? (c) Que nível de ensino?

Bolnita de iniciação à docência há oito meses, ministrando aulas de história da ciência para o ensino médio

4 - Por que você escolheu a carreira de professor de Física?

A princípio não era meu objetivo. Foi o curso com a grade mais próxima da engenharia que eu queria, já que até então não havia conseguido entrar para o curso que almejava. Mas acabou que consegui passar para engenharia ambiental (UFPA) e engenharia de materiais (UFPA), mas optei em continuar na Física até me formar.

5 - Quais as contribuições você espera das disciplinas de Estratégia de Ensino de Física para sua formação de professor?

~~As aulas~~

Contribua para melhor estruturar minhas futuras aulas, as tornando mais interessantes e produtivas.

6 - O que você gostaria que fosse abordado nas disciplinas de Estratégia de Ensino de Física? De que forma seria essa abordagem em sala de aula.

Métodos para tornar as aulas de física mais interessantes para os alunos. A abordagem poderia ser expositiva e posteriormente uma atividade sobre o assunto.

7 - Cite quais características/habilidades deve ter, em sua opinião, um bom professor de física?

- Criatividade;
- Boa comunicação
- Entendimento do assunto
- Amor pelo magistério

APÊNDICE III

Exemplo de questionário respondido pelos alunos

Questionário 1

(A)

1- Qual a sua idade? 25

2 - Em qual período do curso de Licenciatura em Física você se encontra?

3^o Período.

3 - Você já atua como professor? Não.

Se atua (a) Quanto tempo? (b) Qual disciplina? (c) Que nível de ensino?

4 - Por que você escolheu a carreira de professor de Física?

Sempre me identifiquei com a matéria de física no ensino médio, mas nunca me vi como professor. Fiquei muito tempo sem estudar, beber, e quando fiz o enem, possivelmente atuei em física por ser a noite, pois trabalho, e durante o curso acabei me identificando mais pela área. e o fato de minha mãe ser professora também contribuiu.

5 - Quais as contribuições você espera das disciplinas de Estratégia de Ensino de Física para sua formação de professor?

Na parte de como preparar uma boa aula, e como trabalhar os conteúdos utilizando os técnicas embasados nas teorias pedagógicas, um bom professor tem que ter boa didática.

6- O que você gostaria que fosse abordado nas disciplinas de Estratégia de Ensino de Física? De que forma seria essa abordagem em sala de aula.

Como trabalhar conteúdos com os alunos, preparação dos aulas, experiências em sala positivas e negativas, abordagem teórica e prática.

7 - Cite quais características/habilidades deve ter, em sua opinião, um bom professor de física?

Primeiro conhecimento do conteúdo, boa didática, paciência e principalmente vontade de ensinar e também de aprender com os alunos.

APÊNDICE IV
Plano de aula utilizado em uma das aulas expositivas

Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro

Grande Área: Física. Campo de Estudo: Ensino de Física
Professor: Tiago Destéffani Admiral

PLANO DE AULA

Data: 26 de maio de 2015

1. IDENTIFICAÇÃO DO TEMA

Elaboração de um Plano de Aula

1.1 Identificação da turma/curso

Turma: Licenciatura em Física

Período: 03

Disciplina: Estratégias de Ensino I

Código: FIS1248

Coordenador: Marcelo Shoey de Oliveira Massunaga

2. IDENTIFICAÇÃO DOS PRÉ- REQUISITOS

- Conhecimento dos conteúdos Factuais, Conceituais, Procedimentais e Atitudinais (Zabala, 1998).

3. OBJETIVO GERAL

- Compreender os aspectos constitutivos da elaboração de um plano de aula.

3.1 Objetivos específicos

Estruturar um plano de aula de física sobre qualquer tema desejado

Classificar os tipos de conteúdos que devem estar presentes em um plano de aula.

4. DESENVOLVIMENTO DO TEMA

4.1 Introdução

Questões iniciais acerca da importância do plano de aula e da importância da apropriação da linguagem científica.

4.2 Características relevantes de um Plano de Aula

Aspectos constitutivos dos saberes docentes, papel do professor enquanto organizador do conhecimento. (Conteúdos atitudinais/conceituais)

Tipos de conteúdos (Zabala, 1998). (Conteúdos conceituais)

Estrutura básica de um plano de aula. Como fazer um plano de aula. (Conteúdo Procedimental)

4.3 Conclusão

Visão geral da estruturação de um plano de aula

Apresentação de modelo de plano de aula

5 – METODOLOGIA/CRONOGRAMA

Aula expositiva dialogada. Tempo de 1h e 40 minutos.

6 – RECURSOS

Quadro branco; PowerPoint, mídia de vídeo e Data-show.

7 – AVALIAÇÃO/POSICIONAMENTO TEÓRICO

A avaliação consistirá em determinar se após a aula os alunos adquiriram a habilidade de classificar os tipos de conteúdos e também se estão aptos a elaborar um plano de aula adequado. Para tanto serão considerados dois instrumentos de avaliação: Primeiro a avaliação qualitativa, utilizando o diálogo com os alunos durante a aula e observando o *feedback*, em segundo um exercício avaliativo formal. As ações metodológicas e o processo avaliativo partem do pressuposto que as relações, professor-aluno e aluno-aluno, são decisivas na construção do conhecimento (BAQUERO, 1998).

8 – EXERCÍCIO AVALIATIVO

Ao final da aula os alunos receberão um comando para realizarem a elaboração de um plano de aula, para nível médio, com conteúdos de física de sua preferência. A tarefa será realizada em duplas.

9 – BIBLIOGRAFIA BÁSICA

BAQUERO, Ricardo (1998), *Vygotsky e a aprendizagem escolar*, Porto Alegre, RS: Artes Médicas.

FREIRE, P. *Pedagogia da Autonomia*. São Paulo: Paz e Terra, 31ª ed., 1996.

RAMOS, D. K. Os conteúdos de aprendizagem e o planejamento escolar. **Psicopedagogia On Line**, v. 3, p. 1-11, 2013.

TARDIF, M. *Saberes docentes e formação profissional*. Vozes: Petrópolis, RJ, 8ª ed., 2007.

VEIGA, I. P. A. (Org.). *Repensando a Didática*. Campinas, SP: Papyrus, 27ª ed., 2004.

VEIGA, I. P. A. *A Prática Pedagógica do Professor de Didática*. Campinas, SP: Papyrus, 11ª ed., 2008.

ZABALA, Antoni. *A prática educativa: como ensinar*. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

10 – BIBLIOGRAFIA COMPLEMENTAR

CANDAU, V.M. (Org.). *A Didática em Questão*. Petrópolis, RJ: Vozes, 24ª ed., 2004.

DEMO, P. *Professor do Futuro e Reconstrução do Conhecimento*. Petrópolis, RJ: Vozes, 5ª ed., 2007.

FREIRE, P. & SHOR, I. *Medo e Ousadia*. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 11ª ed., 2006.

PERRENOUD, P. *Dez competências para ensinar*. Porto Alegre: Artmed.

Apêndice V

Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro

Grande Área: Física. Campo de Estudo: Circuitos Elétricos
Professor: Tiago Destéffani Admiral

PLANO DE AULA**1. IDENTIFICAÇÃO DO TEMA**

Circuitos elétricos

1.1 Identificação da turma/curso

Turma: Licenciatura em Física

Período: 05

Disciplina: Estratégias de Ensino II

Código: FIS1249

2. IDENTIFICAÇÃO DOS PRÉ- REQUISITOS

- Corrente elétrica, Lei de Ohm

3. OBJETIVO GERAL

- Compreender os aspectos básicos de dimensionamento de circuitos elétricos simples.

3.1 Objetivos específicos

*Identificar os tipos de resistores e outros componentes de circuitos simples.

*Aprender a manusear ferramentas de construção de circuitos como a placa protoboard.

*Construir circuitos para medição de parâmetros como diferença de potencial elétrico e resistência equivalente.

*Verificar experimentalmente a Lei de Ohm.

4. DESENVOLVIMENTO DO TEMA**4.1 Aspecto Teórico**

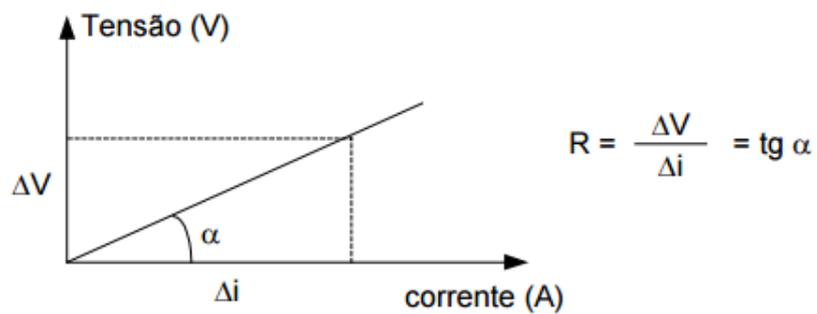
A Lei de Ohm, ou ainda, "primeira" Lei de Ohm constata que num bipolo ôhmico, a tensão aplicada aos seus terminais é diretamente proporcional à intensidade de corrente que o atravessa.

Expondo em termos matemáticos, temos que:

$$V(t) = R \cdot i(t)$$

Em que $V(t)$ é a diferença de potencial elétrico em um instante qualquer t ; R é a constante de proporcionalidade e $i(t)$ é o valor da corrente elétrica em um instante qualquer t .

Quando um resistor obedece, mesmo que em alguma circunstância específica, a essa relação, dizemos que se trata de um resistor ôhmico, e a constante de proporcionalidade é sua resistência elétrica R , medidas em Ω (ohm). Dessa forma ao medir uma variação de tensão elétrica esperamos encontrar esse tipo de relação:

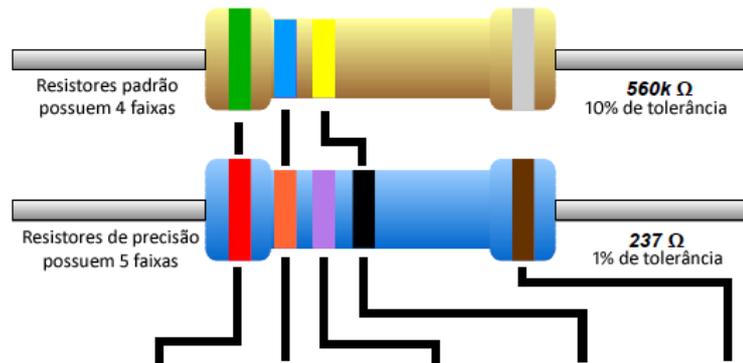


4.2 Identificação de resistores

O Código de cores consiste em uma tabela em que cada faixa de cor corresponde a um dígito numérico, e sua posição indica se o dígito é unidade, dezena etc.

Código de Cores

A extremidade com mais faixas deve apontar para a esquerda



Cor	1ª Faixa	2ª Faixa	3ª Faixa	Multiplicador	Tolerância
Preto	0	0	0	x 1 Ω	
Marrom	1	1	1	x 10 Ω	+/- 1%
Vermelho	2	2	2	x 100 Ω	+/- 2%
Laranja	3	3	3	x 1K Ω	
Amarelo	4	4	4	x 10K Ω	
Verde	5	5	5	x 100K Ω	+/- 5%
Azul	6	6	6	x 1M Ω	+/- 25%
Violeta	7	7	7	x 10M Ω	+/- .1%
Cinza	8	8	8		+/- .05%
Branco	9	9	9		
Dourado				x .1 Ω	+/- 5%
Prateado				x .01 Ω	+/- 10%

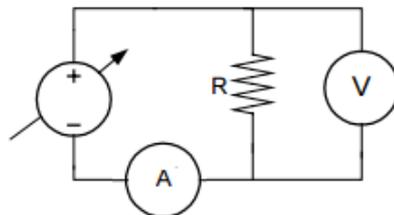
Fonte: <http://www.arduinoecia.com.br/2013/08/codigo-de-cores-de-resistores.html>

5 – MATERIAIS

Fonte CC variável;
Resistores variados;
Multímetro;
Protoboard (Matriz de Pontos)
Papel milimetrado

6 – METODOLOGIA

* Construir, na protoboard, o circuito mostrado a seguir;



* Com o circuito montado, varie a tensão e, para cada valor de tensão anote na tabela a seguir a respectiva corrente elétrica. Você escolherá quatro tipos de resistores para realizar a medição, de acordo com o código de cores você conhecerá previamente o seu valor de resistência elétrica.

Resistores $R=$ Ω $R=$ Ω $R=$ Ω $R=$ Ω
 Tensão (V) Valores de i (A) Valores de i (A) Valores de i (A) Valores de i (A)

Escolha dez valores de tensão para cada resistor e anote os valores respectivos de corrente elétrica.

7 – RESULTADOS E DISCUSSÃO/AVALIAÇÃO

- Para cada um dos resistores elétricos calcule o valor médio de resistência
- Discuta, em seu ponto de vista, o que pode ter causado possíveis discrepâncias nos valores encontrados.
- Construa o gráfico V versus i para cada um dos resistores usando o papel milimetrado.
- Estime o desvio médio padrão de suas medidas. Qual foi o resistor cujas medidas apresentaram menor desvio padrão? Quais são, em sua opinião, os motivos para essa diferença?

8 – BIBLIOGRAFIA

GRIFFITHS. DAVID J. *Introduction to Electrodynamics*, Third Edition, Prentice Hall, New Jersey (4a Ed.), 1999.

HALLIDAY, D. RESNICK, WALKER, R. *Fundamentos de Física*, Vol. 3 - LTC, 4ª ed. p 18, 1996.

NUSSENZVEIG, H. Moysés, *Curso de Física Básica 3 Eletromagnetismo*, Ed. Edgard Blücher LTDA São Paulo, 1999.

Apêndice VI

Grupo A (Professores)

1 - Você já tinha tido uma experiência de ministrar uma aula prática?

() Sim () Não

2 - Você teve dificuldades durante a aula? Em sua avaliação quais foram essas dificuldades?

3 - Se você fosse dar essa aula novamente, o que você mudaria? O que faria para melhorar?

4 - Ao ministrar essa aula você pôde aprender algo novo sobre o assunto, ou sobre como ministrar uma aula?

5 - Você acha que a participação do próprio aluno, (nesse caso você) no processo de aprendizagem de uma estratégia de ensino, fez o aprendizado mais significativo?

Apêndice VII

Grupo B (Alunos)

1 - Você já tinha assistido uma aula prática como essa?

() Sim () Não

2 - Você conseguiu compreender os conceitos durante a aula, ou teve alguma dificuldade em algum ponto?

3 - Se fosse você quem tivesse de ministrar essa aula, faria algo diferente? Em caso positivo o que seria?

4 - Ao assistir essa aula você pôde aprender algo novo sobre o assunto? Ou sobre como ministrar uma aula?

5 - Faça uma avaliação honesta e geral sobre os aspectos positivos e negativos da aula de seus colegas.

Apêndice VIII

Esquema do regulador de tensão

Professor Tiago Destéffani Admiral

Montei um esquema com as *imagens* dos componentes reais que são utilizados no circuito, para ficar mais fácil. As posições das ligações correspondem EXATAMENTE às conexões reais dos componentes.

Componentes:

Regulador de tensão LM317

Resistor de 220Ω (Pode ser outro valor próximo a esse)

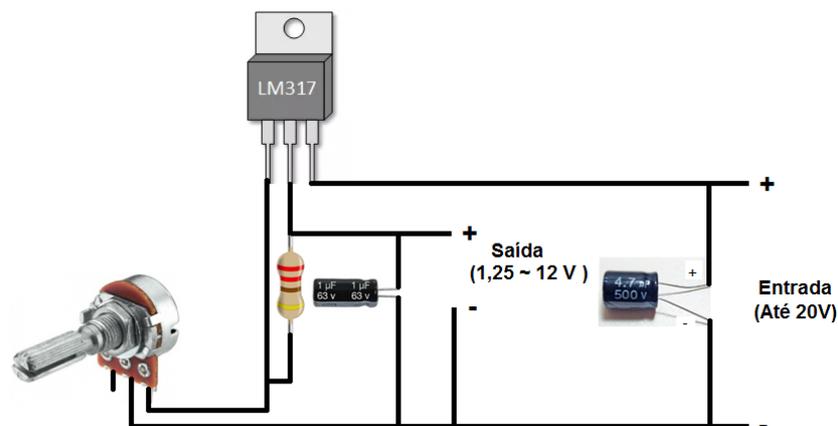
Potenciômetro de 10 KΩ (Pode ser o de 5 kΩ)

Capacitor eletrolítico de 1.0 μF (Com qualquer voltagem acima de 20 V)

Capacitor eletrolítico de 4.7 μF (Com qualquer voltagem acima de 20V)

Placa de fenolite (Opcional)

Fios



O circuito pode ser montado sobre uma placa de fenolite, como foi mostrado na aula, ou pode ser conectado através de fios. Se os componentes estiverem conectados da forma mostrada no esquema irá funcionar.

Observações Práticas do Circuito e Montagem

- Você precisará de um ferro de solda e de estanho para soldar as ligações.
- O potenciômetro terá 3 terminais, você usará o do centro como mostra o esquema, mas não faz diferença qual dos dois laterais use.
- O resistor NÃO tem polaridade então não faz diferença se você colocá-lo de cabeça para baixo.

- Embora esteja escrito 20V na entrada do circuito, esse valor é determinado pelo capacitor que você usa, nesse caso poderia ser bem maior. Tome cuidado porque essa entrada é para voltagem CONTÍNUA, ou seja não pode ser ligado direto na tomada. Você pode usar como entrada um carregador de celular, carregador de notebook, pilhas em série, baterias etc.
- Os capacitores eletrolíticos TÊM polaridade, o seu polo negativo é marcado, em geral, por uma pintura de cor diferente. O que está na figura, por exemplo, tem o corpo azul e o lado negativo é a parte que é pintada de branco.
- Os terminais do LM317 têm que ser ligados da forma mostrada, nessa perspectiva você estaria olhando para a parte escrita dele (frente).

Dúvidas: tdesteffani@gmail.com

Apêndice IX

Questionário

- 01 - Explique com suas palavras, qual é o seu conceito de campo elétrico? E de campo eletromagnético?
- 02 - Em sua opinião quais são os pontos positivos e negativos da prática sobre transmissor FM?
- 03 - Você conhecia a história do padre Roberto Landell de Moura?
- 04 - Explique com suas palavras qual é o significado físico do vetor de *Poynting*.
- 05 - Você, enquanto estudante de Física, com certeza enxerga a importância das matérias que cursou ou está cursando para sua formação enquanto professor. Entretanto, para cada um, cada disciplina apresenta uma contribuição diferente de outra. Em relação ao currículo do curso de Física, quais são em sua opinião os pontos positivos e negativos? Quais seriam as sugestões que você faria em relação ao currículo do seu curso?
- 06 - Você acha que conhecer alguns episódios históricos marcantes da Física traz algum ponto positivo ao aprendizado da Física? Em caso positivo qual(quais) seria(m) esse(s) ponto(s)?
- 07 - Quais foram as principais dificuldades no desenvolvimento da prática?
- 08 - Qual das três aulas práticas você achou mais interessante?
- 09 - Das três práticas, qual você escolheria para aplicar em sala, levando em consideração a viabilidade, nível de interesse e potencial de aprendizado?

Apêndice X

Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro

Grande Área: Física. Campo de Estudo: Circuitos Elétricos
Professor: Tiago Destéffani Admiral

PLANO DE AULA**1. IDENTIFICAÇÃO DO TEMA**

Micro controlador lógico programável e suas aplicações no Ensino de Física

1.1 Identificação da turma/curso

Turma: Licenciatura em Matemática

Período: 04

Disciplina: Estratégias de Ensino II

2. IDENTIFICAÇÃO DOS PRÉ- REQUISITOS

- Circuitos elétricos

3. OBJETIVO GERAL

- Compreender os aspectos básicos de funcionamento e aplicação de micro controladores lógico programáveis, e suas possíveis aplicações para o Ensino de Física.

3.1 Objetivos específicos

*Aprender a identificar os componentes e alguns sensores utilizados com Arduino;

*Aprender a utilizar o sensor ultrassônico HC-SR04 integrado ao Arduino;

*Reconhecer os elementos básicos de programação de Arduino;

*Construir um circuito para ler valores de distância, que pode ser utilizado em aulas práticas de cinemática.

4. DESENVOLVIMENTO DO TEMA**4.1 Aspecto Teórico**

Uma série de equipamentos eletrônicos que utilizamos no dia-a-dia são dotados de controladores, ou micro controladores, e sensores. Eles estão presentes em circuitos temporizadores, alarmes, sensores de presença, sensores de luz e vários outros.

Nessa aula vamos conhecer a plataforma *open source* Arduino, que é um micro controlador, com linguagem de programação própria livre, que pode controlar saídas e entradas digitais e analógicas para automatização de sistemas.

4.2 Sensor HC-SR04

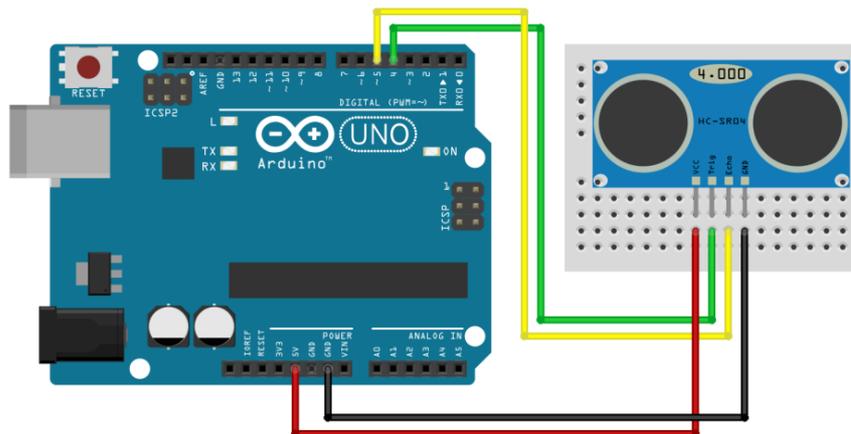
O Sensor ultrassônico HC-SR04 é capaz de medir distâncias de 2cm a 4m com ótima precisão e baixo preço. Este módulo possui um circuito pronto com emissor e receptor acoplados e 4 pinos (VCC, Trigger, ECHO, GND) para medição.

5 – MATERIAIS

Arduino UNO; Módulo HC-SR04; Protoboard; Jumpers; Pêndulo simples

6 – METODOLOGIA

* Construir o circuito com o Arduino, a protoboard e o HC-SR04, conforme a Figura 3:



http://blog.filipeflop.com/wp-content/uploads/2015/07/Arduino_HC_SR04_bb.png

* Insira o seguinte código na IDE do Arduino:

//Aula prática 2

```
#include <Ultrasonic.h>
#define TRIGGER 4
#define ECHO 5
Ultrasonic ultrasonic(TRIGGER, ECHO);

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
}

void loop()
{
  float cmMsec;
  long microsec = ultrasonic.timing();
```

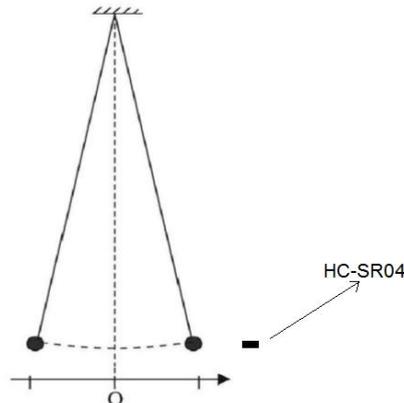
```

cmMsec = ultrasonic.convert(microsec, Ultrasonic::CM);
Serial.println(cmMsec);
delay(100);
}

```

* Carregue o programa na placa arduino.

* Com o circuito anterior montado, posicione o sensor nas proximidades do pêndulo como mostra a figura a seguir.



* Vá na aba "Ferramentas" e selecione "Monitor Serial" e copie os dados obtidos

7 – RESULTADOS E DISCUSSÃO/AVALIAÇÃO

- Com o circuito conectado ao computador obtenha os dados do monitor serial do arduino.

- Construa o gráfico *X versus t* para usando o programa Excel.

- Discuta, em seu ponto de vista, o que pode ter causado possíveis discrepâncias nos valores encontrados.

- Compare o valor de período encontrado no gráfico com o esperado teoricamente

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

- Quais são os pontos positivos e negativos, em sua opinião, que essa possibilidade metodológica traz ao Ensino de Física?

8 – BIBLIOGRAFIA

CORDOVA, H.; TORT, A. C.. Medida de *g* com a placa Arduino em um experimento simples de queda livre. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, São Paulo, v. 38, n. 2, e2308, 2016. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-11172016000200407&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 09 de Junho de 2016. Epub May 10, 2016.

MARTINAZZO, Claodomir Antonio, Trentin, Débora Suelen, Ferrari, Douglas, Piaia, Matheus Matiasso. Arduino: uma tecnologia no ensino de física. **Perspectiva**, Erechim. v. 38, n.143, p. 21-30, setembro/2014

Apêndice XI

Roteiro de Prática - Transmissor de ondas eletromagnéticas

1. História do equipamento

A origem do transmissor de ondas eletromagnéticas

O verdadeiro inventor, o pioneiro, de fato, da telegrafia e telefonia sem fio foi um Padre brasileiro chamado de Roberto Landell de Moura, nascido no dia 21 de janeiro de 1861, na cidade de Porto Alegre, Capital do Rio Grande do Sul. Muito antes das rudimentares experiências domésticas feitas pelo jovem eletricista italiano Guilherme Marconi, e as feitas pelo insigne professor Ernest Ruhmer, já o Padre Roberto Landell de Moura havia realizado, não tateantes experiências, mas decisivas demonstrações públicas de transmissões sem fio, coroadas, todas elas, do mais completo e retumbante êxito. Conforme está hoje sobejamente provado, verificaram-se essas demonstrações na Capital do Estado de São Paulo, as primeiras, entre os anos de 1893 e 1894, do alto da Avenida Paulista para o Alto de Sant'Ana, numa distância aproximada de oito quilômetros, em linha reta, e as últimas, ainda no mesmo local, em meados de 1900, quando então, através de um feixe de luz emitido por um aparelho de sua invenção e fabricação, transmitiu e recebeu a voz humana de uma distância de 45 milhas. Porém, só em 1900, depois de sofrer toda a sorte de vexames, calúnias e dificuldades financeiras, depois de sustentar renhidas lutas contra o espírito supersticioso da época e a mentalidade primária e rotineira de seus contemporâneos, que viam nele um feiticeiro perigoso, e em suas atividades científicas, artimanhas do diabo, conseguiu, afinal, patentear no Brasil seu genial invento, sob o número 3.279, invento que, nos termos da Carta-patente, consistia num "aparelho apropriado à transmissão da palavra à distância, com ou sem fios, através do espaço, da terra e da água".

As pessoas da época não podiam admitir que uma pessoa pudesse falar com outra colocada a quilômetros de distância, sem usar o fio telefônico, a não ser que essa pessoa tivesse pacto com o demônio, basta que eu lhes diga que, um bando de fanáticos em fúria, aproveitando-se de sua ausência, invadiu e destruiu tudo que encontrou à frente, inclusive seu prodigioso aparelho, por eles considerado "máquina infernal". Vendo o Padre Roberto Landell de Moura que, em sua Pátria, recusavam

dar-lhe se não crédito ou auxílio, ao menos simples estímulo para que prosseguisse em suas investigações, resolveu transferir-se para os Estados Unidos da América do Norte, onde pretendia patentear seis de seus mais importantes inventos. Tendo, assim, fixado residência na cidade de Nova York, lá, no distrito de Manhattan, montou modesta oficina e pôs-se a reconstruir seus aparelhos. No fim de três longos e laboriosos anos, finalmente o Governo estadunidense reconhecia-lhe a genialidade e, conforme se acha hoje cabalmente documentado, concedia-lhe três patentes de invenção.

Essas patentes, que, requeridas em 1901 e 1902, traziam os números 771.917, 775.337 e 775.846, eram a do TRANSMISSOR DE ONDAS, a do TELEFONE SEM FIO e a do TELÉGRAFO SEM FIO, respectivamente. Não fossem as desapiedadas perseguições de que foi vítima e a extrema pobreza em que sempre viveu o grande e humilde físico brasileiro, o magnânimo e casto Padre Roberto Landell de Moura, seus inventos teriam sido patenteados em 1893 ou 1894, antes, portanto, do de Marconi, e dele seria agora a glória que outros alcançaram. De regresso ao Brasil, esperava o sacerdote-cientista, sempre generoso e confiante, que o reconhecimento de seu valor por um país estrangeiro, não apenas o recomendasse a uma boa acolhida por parte de sua Pátria, a que ele pretendia doar seus extraordinários inventos (já então disputados por vários capitalistas norte-americanos), mas ainda que levasse seus ignaros algozes a arrepender-se das maldades e injustiças cometidas contra sua pessoa. Mas frustraram-se-lhe as esperanças, extinguíram-se-lhe as ilusões. Enquanto, em Nova York, um grupo “de distintos engenheiros, em sinal de apreço e consideração”, como, em sua linguagem sóbria, noticiava o Jornal do Comércio, do Rio de Janeiro, no dia 07 de maio de 1904, despedia-se do eminente inventor homenagando-o com um jantar, seus patrícios aguardavam sua chegada à Capital Federal para oferecer-lhe uma coroa de espinhos... Tudo aqui lhe foi tirado, dificultado, recusado. E o Padre Roberto Landell de Moura, um dos maiores gênios que o mundo já viu nascer, morreu no dia 30 de junho de 1928, aos 67 anos de idade, num modesto quarto da Beneficência Portuguesa, de Porto Alegre. E era ele tão bom, tão piedoso e altruísta que, três anos antes de falecer, declarava a um jornal da Capital sul-rio-grandense, o qual o entrevistava por motivo da anunciada instalação, pela Rádio Clube Paranaense, de uma emissora de grande potência, em Curitiba: “...Deus serviu-se de minha humilde pessoa para levantar o véu que encobre os segredos da natureza, por quanto o sistema de rádio-telefonía,

atualmente em uso, é baseado no princípio da superposição dos movimentos ondulatórios elétricos e na aplicação de uma lâmpada semelhante à lâmpada de Crookes, de 3 electródios, um pouco modificada, e a qual serve tanto para transmitir quanto para receber mensagens telefônicas, sem fio condutor. Os norte-americanos, decorridos os 17 anos de prazo que marca a lei das patentes, puseram em execução prática as minhas teorias. Não sou menos feliz por isso. Vi sempre nas minhas descobertas uma dádiva de Deus. Como sempre trabalhei para o bem da humanidade, folgo em ver hoje realizado, na prática utilitária, aquilo que foi todo o meu sonho de muitos dias, de muitos meses, de muitos anos.” E, agora, meus caros alunos, pasmem com esta revelação: a lâmpada de 3 electródios, essa lâmpada maravilhosa, sem a qual não teria sido possível a existência das atuais estações de rádio, foi patenteada no Brasil, em 1900, e nos Estados Unidos da América do Norte, em 1904, pelo Padre Roberto Landell de Moura, e repatenteado em 1907, neste último país, pelo grande físico norte-americano Lee De Forest, a quem unicamente cabe hoje a glória de havê-la inventado... E só a invenção dessa lâmpada imortaliza um cientista e dá notoriedade a uma nação!

Ernani Fornari (Adaptado)

2. Fundamentação Teórica

As ondas eletromagnéticas são formadas pela combinação de campos elétricos e magnéticos. Elas foram descritas por um conjunto de equações formulado por James C. Maxwell.

As **ondas eletromagnéticas** são resultados das combinações de campos elétricos com campos magnéticos. Foi graças à descoberta das propriedades dessas ondas que hoje em dia podemos ouvir músicas ou notícias nos rádios, assistir a programas de TV, aquecer alimentos no micro-ondas, acessar à internet etc.

Foi o físico escocês James C. Maxwell, no séc. XIX, o primeiro a demonstrar que a oscilação de uma carga elétrica dá origem a campos magnéticos. Estes, por sua vez, dão origem a campos elétricos, assim como a variação de fluxo de campos elétricos dá origem a campos magnéticos. Essa interação é responsável pelo surgimento das ondas eletromagnéticas.

Maxwell partiu das Leis de Ampere, Faraday e Coulomb para relacionar diversas equações que atualmente são conhecidas como equações de Maxwell. Essas equações permitiram que ele fizesse a previsão da existência das ondas eletromagnéticas. A confirmação da existência dessas ondas foi feita apenas depois de nove anos pelo físico alemão Heinrich Hertz, que conseguiu obter ondas eletromagnéticas com todas as características já descritas por Maxwell, que morreu antes de ver a confirmação das suas teorias.

Uma das principais contribuições de Maxwell foi a de que a velocidade das ondas eletromagnéticas no vácuo era igual a $3 \cdot 10^8$ m/s, que era a mesma velocidade já obtida para a propagação da luz. Essa descoberta fez com que Maxwell suspeitasse que a luz era um tipo de onda eletromagnética, o que foi confirmado por Hertz alguns anos mais tarde.

Uma evidência de que a luz é uma onda eletromagnética é o fato de a luz do sol chegar até a Terra apesar da longa distância e da inexistência de um meio material no espaço de propagação.

Em face de todas as suas contribuições, Maxwell é considerado tão importante para o eletromagnetismo como Isaac Newton é para a mecânica.²²

<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/o-que-sao-ondas-eletromagneticas.htm>

3. Materiais e métodos

Os componentes elétricos necessários para a montagem serão:

R₁ - Resistor de 10 kΩ

R₂ - Resistor de 1 MΩ

R₃ - Resistor de 10 kΩ

R₄ - Resistor de 10 kΩ

²² Texto adaptado de:

<http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/fisica/o-que-sao-ondas-eletromagneticas.htm>

R_5 - Resistor de 100 k Ω

R_6 - Resistor de 100 Ω

C_1 - Capacitor de 100 nF

C_2 - Capacitor de 100 nF

C_3 - Capacitor de 10nF

C_4 - Capacitor variável, Trimmer

C_5 - Capacitor de 4,7 pF

T_1, T_2 - Transistores 2N2904 (NPN)

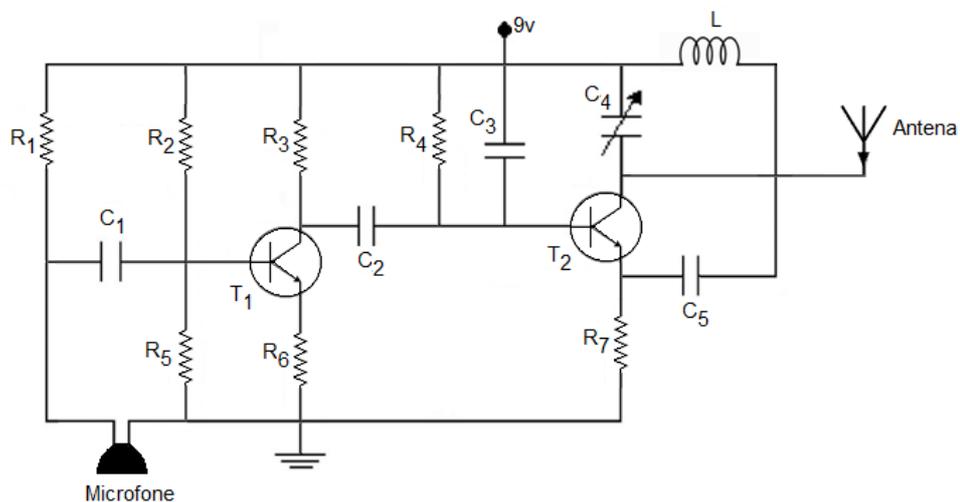
L - Indutor (Pedaço de fio de cobre em formato de espira com 6mm, e sete voltas)

Antena - Fio maciço de cobre de 15 cm

Microfone piezoelétrico

Placa de circuito de Fenolite virgem simples

Esquema

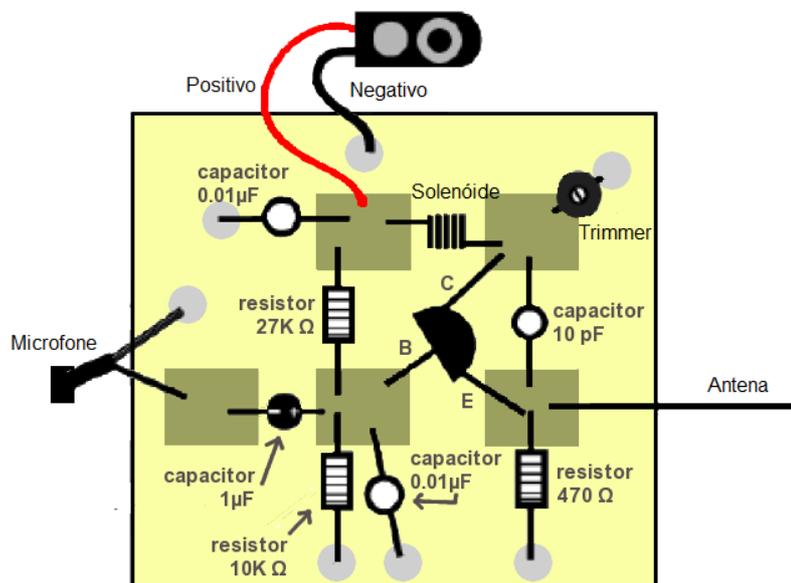


Procedimento de solda

Primeiramente devemos cortar 5 pequenos quadrados usando a placa de fenolite, com lado de dimensões que podem variar entre 1 e 2 cm.

Esses quadrados servirão como ilhas para conectar os componentes e, simultaneamente, fazer o isolamento com a base da placa, que representa o GND.

Os componentes podem ser soldados na posição sugerida a seguir:



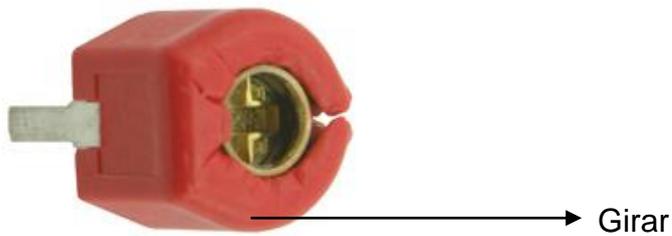
Circuito transmissor simples com apenas um transistor

Ao término da montagem o circuito estará parecendo com o modelo real preparado previamente.

Procedimento de sintonia

Uma vez montado o circuito, deve-se *setar* a frequência de funcionamento. Para tanto deve-se proceder da seguinte forma:

- Ligar um aparelho de rádio em uma frequência que não esteja sendo usada, e mantenha o rádio ligado com esse ruído;
- Com uma pequena chave de fenda gire lentamente a parte interna do *trimmer*



- Fique atento à mudança do ruído no rádio, quando o ruído de fundo parar é porque a frequência está certa.

4 – RESULTADOS E DISCUSSÃO/AVALIAÇÃO

- Com o circuito pronto, utilize um receptor de rádio (pode ser o de celular se tiver esse recurso) sintonize a frequência na qual está transmitindo seu circuito e teste a sonoridade.
- Caso não esteja transmitindo verifique quais são as possíveis falhas na solda, caso esteja transmitindo perceba se há ruídos na comunicação.
- Descreva o que pode ter causado eventuais problemas no funcionamento.
- Quais são os pontos positivos e negativos, em sua opinião, que essa possibilidade metodológica traz ao Ensino de Física?