



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA  
MESTRADO PROFISSIONAL**



**SEQUÊNCIA DIDÁTICA NA FÍSICA ESCOLAR: RÁDIO DE  
GALENA E O ENSINO DE ONDAS E ELETROMAGNETISMO**

**RENATO JOSÉ FERNANDES**

**Uberlândia, março de 2018.**



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA  
MESTRADO PROFISSIONAL**



## **SEQUÊNCIA DIDÁTICA NA FÍSICA ESCOLAR: RÁDIO DE GALENA E O ENSINO DE ONDAS E ELETROMAGNETISMO**

**RENATO JOSÉ FERNANDES**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Linha de Pesquisa: Ensino e Aprendizagem em Ciências e Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Milton Antonio Auth

**Uberlândia, março de 2018.**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

F363s  
2018      Fernandes, Renato José, 1985-  
            Sequência didática na física escolar : rádio de galena e o ensino de ondas e  
            eletromagnetismo / Renato José Fernandes. - 2018.  
            126 f. : il.

Orientador: Milton Antonio Auth.  
Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Federal de Uberlândia,  
Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática.  
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.541>  
Inclui bibliografia.  
Inclui como produto: “Sequência Didática e a construção do Rádio de Galena”

1. Ciência - Estudo e ensino - Teses. 2. Física - Estudo e ensino (Ensino médio) - Teses. 3. Ondas de rádio - Teses. 4. Ondas eletromagnéticas - Teses. I. Auth, Milton Antonio. II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática. III. Título.

CDU: 50:37

# **SEQUÊNCIA DIDÁTICA NA FÍSICA ESCOLAR: RÁDIO DE GALENA E O ENSINO DE ONDAS E ELETROMAGNETISMO**

Mestrando: Renato José Fernandes

Orientador: Milton Antonio Auth

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática-Mestrado Profissional (PPGECM), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Aprovada por:

---

Dr. Milton Antonio Auth - UFU

---

Dr. Adevailton Bernardo dos Santos - UFU

---

Dra. Sandra Elizabet Bazana Nonenmacher – IF-Farroupilha

Março, 2018.

## RESUMO

Na atualidade os jovens, quase que em sua totalidade, utilizam as telecomunicações diariamente, mas desconhecem princípios básicos que possibilitaram o avanço dos meios de comunicação. Por sua vez, o ensino de Física/Ciências, através da problematização de situações que sejam significativas aos alunos, de maneira que o conhecimento aprendido tenha relação com a realidade dos mesmos, pode favorecer a aprendizagem de conteúdos específicos e a formação de cidadãos capazes de articular e empregar conhecimentos científicos em seu dia-a-dia. Nesta perspectiva, foi elaborada uma sequência didática com base no equipamento gerador “o rádio de Galena”. A implementação da mesma ocorreu em uma turma de 23 alunos do 3º do ensino médio no ano de 2016 e de 26 alunos no ano de 2017, em uma escola pública da região do Alto Paranaíba, Minas Gerais, foram realizadas aulas práticas, simulações, atividades em grupos e individuais abordando conteúdos clássicos da física do Ensino Médio. No decorrer das tarefas também foram solicitadas atividades de aplicação/contextualização do conhecimento desenvolvido em cada aula. A sequência didática desenvolvida modificou a rotina das aulas de Física na escola com alterações de comportamento dos alunos em sala, de passivos a ativos. Isso reflete a possibilidade de os professores de Física/Ciências utilizarem diversos recursos, que vão do emprego da tecnologia a equipamentos simples, disponíveis até mesmo em escolas públicas, para modificar o ensino que mantém os moldes em que os resultados mais comuns são alunos desmotivados porque não conseguem estabelecer ligação entre ensino praticado e a realidade em que vivem. O trabalho realizado, acompanhado pela pesquisa, traz evidências que o professor pode gerir sua aula baseado na realidade e, mesmo assim, abordar conteúdos clássicos da Física de forma que sejam relevantes aos alunos, o que reflete não apenas numa melhora na qualidade do ensino praticado, mas em aprendizagem significativa.

**Palavras-chave:** Ensino de Física; Rádio de Galena; Sequência Didática.

## ABSTRACT

Today, almost all young people use telecommunications on a daily basis, but they do not know the basic principles that allowed the media to advance. On the other hand, the teaching of Physics / Sciences, through the problematization of situations that are significant to the students, so that the learned knowledge has relation with the reality of the same, can favor the learning of specific contents and the formation of citizens capable of articulate and employ scientific knowledge in their daily lives. In this perspective, a didactic sequence was elaborated based on the generating equipment "the radio of Galena". The implementation took place in a class of 23 students from the 3rd year of high school in the year 2016 and 26 students in 2017, in a public school in the region of Alto Paranaíba, Minas Gerais, were held practical classes, simulations, activities in groups and individuals addressing classical contents of High School Physics. In the course of the tasks were also requested activities of application / contextualization of the knowledge developed in each class. The developed didactic sequence modified the routine of the physics classes in the school with changes in the students' behavior in the classroom, from passive to active. This reflects the possibility that physics / science teachers can use a variety of resources, ranging from the use of technology to simple equipment, available even in public schools, to modify the teaching that maintains the molds in which the most common results are students discouraged because they can not establish a connection between practiced teaching and the reality in which they live. The work carried out, accompanied by the research, provides evidence that the teacher can manage his class based on reality and, even so, approach classical contents of Physics in a way that is relevant to the students, which reflects not only in an improvement in the quality of teaching practiced , but in meaningful learning.

**Keywords:** Physics Teaching; Galena Radio; Following teaching.

## SUMÁRIO

CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA.....	01
CAPÍTULO 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	07
CAPÍTULO 3. METODOLOGIA.....	13
CAPÍTULO 4. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA: O RÁDIO DE GALENA E O ENSINO DE ONDAS E ELETROMAGNETISMO.....	18
4.1. Problematização inicial.....	18
4.2. Organização do conhecimento.....	19
4.2.1. Introdução.....	19
4.2.2. Detalhamento das atividades.....	20
4.2.3. Detalhamento dos materiais necessários para o desenvolvimento da SD.....	23
4.2.4. O rádio de Galena.....	24
4.2.5. Conceitos representativos e atividades.....	26
As comunicações e telecomunicações, motivação e problematização inicial (aula 1 a 4) .....	26
O espectro eletromagnético (aula 5) .....	28
Ondas mecânicas (aula 6) .....	29
A propagação do som no meio (aula 7) .....	31
Atividade prática simulada sobre a propagação do som (aula 8) .....	33
Ondas eletromagnéticas e o funcionamento de um alto-falante (aula 9) .....	35
Campos magnéticos permanentes e linhas de campo magnético (aula 10) .....	37
Retomada de conceitos (aula 11) .....	38
A experiência de Oersted e Faraday-Lenz. (aula 12) .....	38
Atividade prática simulada: Lei de Faraday (aula 13) .....	40
Construindo um motor elétrico de corrente contínua. (aula 14) .....	41
Atividade prática simulada: “Ondas de rádio e campos eletromagnéticos” (aula 15) .....	42

Blindagem eletrostática e interferência de ondas eletromagnéticas (aula 16) ....	44
Retomada: o espectro eletromagnético (aula 17) .....	45
Produção de texto sobre o rádio de Galena e as ondas eletromagnéticas (aula 18) .....	45
Questionário de opinião sobre o desenvolvimento das atividades relacionadas a SD (aula 19) .....	46
<b>CAPÍTULO 5. DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA NA ESCOLA.....</b>	<b>48</b>
<b>CAPÍTULO 6. DECORRÊNCIAS DO DESENVOLVIMENTO DA SD NA ESCOLA.....</b>	<b>59</b>
6.1. Aspectos qualitativos e considerações.....	59
6.1.1. Significação conceitual.....	59
6.1.2. Atividades em grupo e interações.....	62
6.1.3. Contextualização do conhecimento.....	66
6.1.4. Abordagem teórico experimental.....	68
6.2 Aspectos quantitativos.....	73
<b>CAPÍTULO 7. CONSIDERAÇÕES .....</b>	<b>77</b>
<b>BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>80</b>
Referências.....	80
Bibliografia consultada.....	82
<b>ANEXOS.....</b>	<b>83</b>
<b>APÊNDICE.....</b>	<b>88</b>

## 1. INTRODUÇÃO/JUSTIFICATIVA

As experiências que o ser humano vivencia são formadoras de suas concepções e interferem diretamente no modo como utiliza e emprega o conhecimento sistematizado na sua realidade. O ensino de Física, com o uso de atividades experimentais através de laboratórios construídos com materiais de baixo custo, pode ser significativo para uma melhor compreensão dessa disciplina, explorando acontecimentos do cotidiano de cada um, trazendo-os para dentro da sala, de maneira a propiciar o entendimento da teoria e suas aplicações no dia-a-dia. O uso de atividades experimentais é uma boa alternativa para melhorar o ensino ligando teoria e prática com o ambiente escolar familiarizando o aluno com a construção do conhecimento de modo prático.

Faz-se necessário utilizar novas tecnologias de ensino que auxiliem tanto o professor quanto o aluno na busca pelo conhecimento que esteja em sintonia com o dia a dia dos estudantes e possa instiga-los a aprender. Conforme aponta a literatura, os alunos de ensino médio são unânimes em afirmar que a Física é a disciplina dita mais difícil do currículo.

Conforme Bonandiman et al (2004)

O que frequentemente aprendem é a não gostar dela, carregando essa aversão consigo pelo resto da vida. Para muitas pessoas, falar em Física significa avivar recordações desagradáveis, sendo até muito comum ouvir-se expressões como esta: 'Física é coisa para louco!' Essa expressão revela a imagem que as pessoas formaram da Física na escola. (BONANDIMAN *et al*, 2004, p.2)

Bonandiman e Nonenmacher (2007)

Quando o jovem estudante ingressa no Ensino Médio, proveniente do Ensino Fundamental, vem estimulado pela curiosidade e imbuído de motivação na busca de novos horizontes científicos. Entre os diversos campos do saber, a expectativa é muito grande com relação ao estudo da Física. Porém, na maioria das vezes e em pouco tempo, o contato em sala de aula com esse novo componente curricular torna-se uma vivência pouco prazerosa e, muitas vezes, chega a constituir-se numa experiência frustrante que o estudante carrega consigo por toda a vida. (BONANDIMAN E NONENMACHER, 2007, p.196)

Existem vários fatores que dificultam o aprendizado em Física que vão da carga horária incompatível com o currículo atual proposto pelo CBC-Física<sup>1</sup> à formação de professores ou a falta de formação de novos professores.

O ensino de ciências é predominantemente teórico e não há laboratórios de Física em escolas públicas, ou por falta de espaço ou por não existir materiais disponíveis para aulas práticas. Os professores, que trabalham a disciplina, em número expressivo, estão em exercício há vários anos e provavelmente não foram formados para trabalhar a Física básica de forma prática. A formação que a grande maioria teve é tradicional, com predomínio do quadro e giz e seguindo um padrão cuja prioridade consiste de aulas expositivas, onde o professor é o centro do conhecimento e repassa este aos alunos.

Para Rosa (2005)

(...) hoje, no início do século XXI, mais de cem anos de história se passaram desde a introdução da Física nas escolas no Brasil, mas sua abordagem continua fortemente identificada com aquela praticada há cem anos atrás: ensino voltado para a transmissão de informações através de aulas expositivas utilizando metodologia voltadas para a resolução de exercícios algébricos. (ROSA *et al* 2005, p. 6)

O material didático disponível aos alunos e professores, o livro didático, embora reconhecidamente tenha evoluído ao passar dos anos, principalmente após a criação do PNLD<sup>2</sup>, apresenta limitações e as atividades práticas são timidamente abordadas. A finalidade destas atividades elaboradas prioriza experimentos com roteiros definidos com foco na comprovação experimental de leis e princípios básicos abordados na Física. As atividades experimentais, mesmo que utilizem roteiros que orientam os alunos na execução da atividade, dependem da discussão orientada pelo professor, de relações do conteúdo estudado com outras situações, de maneira a expandir o entendimento e significação. Conforme Araújo e Abid (2003):

Ao contrário do desejável, a maioria dos manuais de apoio ou livros didáticos disponíveis para auxílio do trabalho dos professores consiste ainda de orientações do tipo “livro de receitas”, associadas fortemente a uma abordagem tradicional de ensino, restritas a demonstrações fechadas e a laboratórios de verificação e confirmação da teoria previamente definida, o que sem dúvida, está muito distante das propostas atuais para um ensino de Física significativo

---

<sup>1</sup> CBC-Física é o currículo base comum de Física: documento da Secretaria de Estado de Educação do Estado de Minas Gerais, que organiza e orienta sobre os conteúdos a serem abordados no ensino médio.

<sup>2</sup> PNLD: Plano Nacional do Livro Didático: fornece livros didáticos gratuitamente aos alunos das escolas públicas.

e consistente com as finalidades do ensino no nível médio. (ARAÚJO; ABID, 2003, p. 177).

Para mudar essa prática tradicional de ensino, que valoriza a reprodução de conteúdos, é proposta a implementação de sequências didáticas que abordam metodologias diversificadas para o ensino de Física, utilizando materiais comuns do dia-a-dia dos alunos e materiais alternativos de baixo custo e/ou reaproveitados.

A sequência didática é uma ferramenta que possibilita, através do planejamento prévio de estratégias de ensino, organizar e apresentar situações e/ou temas, com estudo sistemático dos conceitos necessários para o entendimento amplo do assunto trabalhado. No caso, as ondas eletromagnéticas, sua propagação e recepção por um aparelho de rádio, possibilitam ao professor o ensino de diversos conceitos sobre eletromagnetismo e ondas que são necessários para a compreensão significativa dessa tecnologia. Os conceitos são construídos a cada aula, dentro de um planejamento estruturado que visa propiciar a formação desse aluno através de problemas e problematizações que sejam significativas à sua realidade.

A maioria dos livros didáticos prioriza a apresentação dos conteúdos de forma estruturada, seguindo uma ordem sistematizada e consolidada, em que as situações reais isoladas servem aos conceitos estudados. No modo dito tradicional o aluno deve fazer a junção e atribuir significado ao que estudou durante os anos escolares, ao passo que ao utilizar a SD os conceitos necessários para o entendimento do assunto são propostos e fazem parte de uma lógica que favorece a formação de um aluno diferente, que se apropria e usa os conhecimentos apreendidos em situações diversas.

Conforme Vygotsky (1998a) as atividades mediadas por pessoas mais capazes podem auxiliar o desenvolvimento e se constituem em interações sociais que resultam em desenvolvimento. A execução da SD favorece o desenvolvimento social e cognitivo, pois alunos mais capazes e professor podem mediar as ações nas produções em duplas ou grupos. O professor pode e deve direcionar os questionamentos para que haja significação conceitual que propicia o conhecimento científico ou sistematizado, envolvendo, sempre que considerado necessário, os conhecimentos prévios que os aprendizes trazem de seu cotidiano.

Inicialmente, o tema abordado na SD envolverá o estudo das ondas eletromagnéticas e sua relação com o desenvolvimento dos meios de comunicação, especialmente as telecomunicações.

As atividades práticas propostas na SD podem ocorrer na sala de aula, pois as escolas públicas da região, de modo geral, não destinam espaço específico para atividades de práticas em ciências. Outro fator relevante é que não há aplicação de recursos financeiros destinados às atividades práticas. Algumas atividades são desenvolvidas com recurso de simulações trazendo o uso da informática básica para a rotina escolar, como auxílio ao ensino-aprendizagem de Física.

A escolha do tema a ser trabalhado, ainda que mediante a problematização inicial, deve se constituir num problema para o aluno, e conter alguma relevância no meio ou realidade onde vive, de modo que se interesse na sua resolução. Logo, meios de comunicação modernos são possíveis de serem explorados/entendidos mediante o conhecimento sobre ondas eletromagnéticas, a exemplo de: celulares, televisão, internet e rádio. Os estudantes de hoje em dia têm acesso a essas tecnologias, porém não detêm conhecimentos básicos de ciências sobre o funcionamento básico desses equipamentos.

Embora o tema escolhido para motivar as discussões tenha relação direta com o dia a dia desses estudantes, é provável que desconheçam os princípios básicos de Física necessários para a compreensão do mesmo. Em alguns casos, até são estudados conhecimentos de Física, como ondas eletromagnéticas, durante o ensino médio, mas sem ligação com o real.

Nas atividades propostas na SD, com o estudo das ondas eletromagnéticas, mecânicas e eletromagnetismo o professor tem o papel de mediador do conhecimento fazendo a conexão entre o conhecimento acadêmico e a realidade do aluno. Conforme Bonadiman e Nonenmacher (2007):

“Todavia, é importante que o professor, na função de mediador da aprendizagem do aluno, esteja atento para que o conhecimento escolar se aproxime, o quanto possível, do conhecimento científico. Esse processo de aproximação entre os dois conhecimentos não é linear e nem se esgota dentro de um período específico, pois sempre haverá possibilidades de serem produzidas novas interações entre as bases de referências, tanto em sala de aula quanto em outras vivências. (BONADIMAN E NONENMACHER, 2007, p. 205)

A pesquisa pretende investigar as implicações quanto à elaboração e desenvolvimento do conjunto de atividades propostas na SD, tendo o rádio de Galena como equipamento gerador. Serão averiguadas mudanças no ensino de Física escolar diante da realização do processo ensino-aprendizagem com foco em atividades diversificadas, como simulações, experimentos, leituras e debates sobre os conteúdos relacionados às ondas e ao eletromagnetismo.

A fundamentação teórica, capítulo 2, apresenta as bases teóricas que nortearão as atividades planejamento e execução das aulas estruturadas na SD. Uso da informática como ferramenta para o ensino de Física através das simulações, as atividades práticas investigativas e de manipulação aliadas à metodologia dos Três Momentos Pedagógicos são fundamentados no capítulo.

No desenvolvimento da pesquisa é necessário definir a metodologia utilizada para investigar e analisar o problema, no caso, ensino de ondas e eletromagnetismo através do equipamento gerador, o rádio de Galena. A descrição da metodologia de pesquisa será apresentada no capítulo 3, abordando métodos e fundamentos da pesquisa qualitativa.

No capítulo 4 será apresentada a SD estruturada em 19 aulas, com a descrição básica da montagem do rádio de Galena, características e especificações dos materiais para sua construção. A tabela 1 compõe o resumo das aulas e objetivos/conteúdos. Os materiais utilizados nas atividades práticas, quantidades de material impresso e a tipologia das aulas são organizados na tabela 2.

O desenvolvimento das atividades em sala é abordado no capítulo 5, sendo descritas algumas aulas que ocorreram durante a SD tendo como base registros do professor/pesquisador responsável pela condução e mediação das atividades. O envolvimento e motivação dos alunos na execução das atividades é o foco principal para compor a descrição.

A análise, tendo como referência a categorização apresentada na metodologia de pesquisa, compõe o capítulo 6: Decorrências do desenvolvimento da SD na escola. Os resultados obtidos através das observações e produções dos alunos serão apresentados e discutidos em duas tipologias de pesquisa: a qualitativa (envolvendo categorias de análise) e a quantitativa. As produções dos alunos durante as aulas e observações do professor/pesquisador, mudança de atitude e interesse nas aulas, serão analisadas com base no referencial adotado e em consonância com a metodologia de pesquisa qualitativa.

Os resultados, notas das avaliações, trabalho e participação, bem como a média do bimestre e desvio padrão de notas, serão avaliados como pesquisa de cunho quantitativo.

O capítulo 7 contempla as considerações finais, pretendendo formular considerações inferidas pelo desenvolvimento e análise das produções. Avanços que o desenvolvimento da SD promoveu no ambiente escolar, as possibilidades de um ensino de Física pautado na realidade do aluno, na apropriação de conteúdos significativos e a sua influência quanto à compreensão de fenômenos e situações do cotidiano.

## 2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Conforme vemos na literatura, o ensino de física ainda é predominantemente teórico, com aulas expositivas, utilizando predominantemente recursos de quadro e giz, raramente com uso de computador ou recursos didáticos mais elaborados. É comum o pouco interesse dos alunos pelo conteúdo, pois alguns consideram a Física com a disciplina do Ensino Médio de maior dificuldade e desconexa com a realidade.

(...) a imagem que as pessoas têm da Física é geralmente criada na escola, resultado do ensino ali praticado. O que prevalece, na prática pedagógica da maioria dos professores, é o formalismo, enquanto o contato com a fenomenologia, esse lado da Física que as pessoas consideram mais atrativo, é pouco valorizado, e por vezes até mesmo esquecido por completo. Enfatiza-se demasiadamente uma Física matemática em detrimento de uma Física mais conceitual, mais experimental e com mais significado para a vida das pessoas (BONADIMAN *et al.*, 2004, p. 1)

Verifica-se que são necessários novos investimentos na carreira de professor e o desenvolvimento de novas tecnologias de ensino. Os adolescentes são conectados a um mundo novo e moderno, dinâmico e o ensino nas escolas ainda está arraigado a formas tradicionais, que refletem baixa eficiência.

A falta de professores é um grande desafio para a educação, principalmente em Física. Conforme Peduzzi e Costa (2015, p. 5) “Há um déficit de mais de 32,7 mil professores no Ensino Médio, principalmente nas disciplinas das ciências exatas. Em Física, por exemplo, faltam mais de 9 mil docentes.” São necessários mais profissionais que, de fato, estejam bem preparados para exercerem a função de formadores de cidadãos e não de assimiladores de conteúdos.

O ensino de Física com atividades experimentais é explorado como alternativa para uma melhor compreensão dos estudantes. Diversas propostas de ensino têm sido formuladas levando em conta a participação do aluno e a construção do conhecimento.

De modo convergente a esse âmbito de preocupações, o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente. (ARAÚJO E ABID, 2003, p. 177)

As referências disponíveis sobre o assunto são unânimes em afirmar que aulas práticas, atividades experimentais, visitas a espaços não-formais de educação em ciências

são as alternativas que apresentam bons resultados. Trazem para o aluno a possibilidade de verificar se aquela equação matemática que parece tão complexa e sem sentido, é apenas um modo matemático de se quantizar um fenômeno da natureza.

Ao intervir nesse contexto tradicional e educar pela pesquisa, os autores Lozada, Araújo e Guzzo (2006) consideram que

A base da educação escolar, conforme defende Pedro Demo, é a pesquisa e esta deveria ser uma prática cotidiana em nossas escolas. No entanto, o que se verifica na maioria das situações é que essa não é uma característica que se faz presente, que foi incorporada, vivificada por nossos sistemas educativos. (LOZADA; ARAUZO; GUZZO. 2006, p. 5)

A experimentação pode ser real, manipulação de objetos ou virtual com simuladores, cabendo ao professor fazer a união entre prática-teoria-simulação. Para que haja significado ao aluno, necessariamente deve haver um link de ligação entre as três. Simular por simular, torna-se jogo enquanto prática por prática torna-se diversão e a parte teórica de formação de conceitos se perde. O professor deve ser formado e inserido no uso de atividades experimentais tanto empíricas quanto simuladas para melhor gerenciar suas aplicações em sala de aula quando optar por utilizar uma simulação ou experimento. Isso está em acordo com Hohenfeld (2008), ao afirmar

Então consideramos importante que todas as disciplinas de formação do campo teórico e experimental da Física tenham uma atenção especial em utilizar metodologia que contemple abordagens com as TIC no processo de ensino. De tal forma que se eles perceberem a potencialidade das TIC na construção de seu próprio conhecimento em disciplinas específicas de Física, modificando a visão de trabalho individualizado para um colaborativo e interativo, caminhando na direção da escola aprendente (BONILLA 2005, apud HOHENFELD, 2008, p. 102)

Utilizar recursos tecnológicos que possam influenciar na compreensão tem-se mostrado como uma possibilidade que vem de encontro às necessidades que os alunos têm de estar imersos no meio e cultura digital. Outro fator que aponta o ensino de Física levando em consideração seu caráter experimental é a dificuldade de abstração que os alunos têm sobre os modelos e leis Físicas. Heckler (2004) em sua dissertação aponta:

Ao ouvirmos falar da Física do Ensino Médio, a maioria lembra de uma disciplina difícil e complicada. Para parte dos alunos, a Física não passa de um conjunto de códigos e fórmulas matemáticas a serem memorizadas e de estudos de situação que, na maioria das vezes, estão totalmente fora de suas experiências cotidianas. Em geral, estes alunos não fazem uma conexão entre a física aprendida e o mundo ao seu redor. (HECKLER 2004, p. 10)

O uso de atividades experimentais exige do aluno medições, manipulação de objetos e certa habilidade. Aliar atividades experimentais com simulações computacionais é uma alternativa moderna para o ensino de Física. A simulação em Física como recurso metodológico para o ensino tem vantagens como o baixo custo e a possibilidade de refazer o experimento várias vezes sem o gasto de material e não há a necessidade de um local específico como o laboratório tradicional.

Porém, a atividade deve ser embasada pela teoria e gerenciada pelo professor para que não seja manipulada pelos alunos como atividade recreativa. Despertar neles a ideia que a simulação segue um padrão, uma programação que remete a equação ou lei Física, retornando a suas origens, um padrão concebido de uma ciência experimental. Logo as simulações e experimentações reais devem seguir juntas. A noção de complementariedade é citada por Hohenfeld (2009).

(...) nas minhas abordagens em sala de aula, considero que as animações interativas sirvam de importante aliado nas aulas de Física, porém, acredito que as atividades empíricas não podem ser substituídas pelas virtuais e sim que ambas complementam-se num espectro contínuo. (HOHENFELD, 2009, p. 3)

A educação em ciências deve ser construcionista, o aluno sendo o agente que constrói os caminhos para seu próprio conhecimento. Esta concepção está alinhada com visão de formar cidadãos autônomos, capazes de discernir sobre questões científicas e políticas que os rodeiam, adotando um posicionamento crítico e cientificamente embasado. Conforme Valente (1999, p.1), “O aluno não é mais instruído, ensinado, mas é o construtor do seu próprio conhecimento. Esse é o paradigma construcionista onde a ênfase está na aprendizagem ao invés de estar no ensino; na construção do conhecimento e não na instrução.”

Nessa perspectiva, há também a necessidade de diferenciar ensino de aprendizagem, pois: os materiais didáticos disponíveis aos professores, como coleções de livros, simulações interativas, bem como os cursos de licenciatura, têm foco direcionado ao ensino; as formas ou métodos de se ensinar determinado conteúdo específico estão voltadas para desenvolver certa competência no indivíduo. A reflexão sobre ensino que se torne aprendizagem é pouco abordada ou até esquecida, como se estivesse em segundo plano.

No entanto, o objetivo do ensino é levar à aprendizagem de conceitos através de métodos e situações que propiciem a formação. A organização lógica do conteúdo a ser trabalhado depende do conhecimento sobre a aprendizagem e não apenas em como ensinar os conceitos. O professor tem o papel de gestor desse processo e deve articular o ensino para que se efetive como aprendizagem. Vygotsky (1998a) define aprendizagem como:

Desse ponto de vista, aprendizagem não é desenvolvimento; entretanto, o aprendizado adequadamente organizado resulta em desenvolvimento mental e põe em movimento vários processos de desenvolvimento que, de outra forma, seriam impossíveis de acontecer. Assim, o aprendizado é um aspecto necessário e universal de um processo de desenvolvimento das funções psicológicas culturalmente organizadas e especificamente humanas. (VYGOTSKY, 1998a, p. 118)

As atividades realizadas em colaboração com outros colegas que tenham maior habilidade de compreensão de conceitos e princípios científicos também contribuem para a formação do estudante, principalmente os que não conseguem compreender o assunto apenas com a explicação do professor. Atribuir significados abrangentes aos conteúdos básicos trabalhados nas disciplinas escolares é o resultado esperado ao se utilizar um conjunto de técnicas e recursos que têm por objetivo promover a aprendizagem. De acordo com Martins (1997), em relação às atividades colaborativas,

As interações sociais na perspectiva sócio-histórica permitem pensar um ser humano em constante construção e transformação que, mediante as interações sociais, conquista e confere novos significados e olhares para a vida em sociedade e os acordos grupais. Assim a interação de membros mais experientes com menos experientes de uma dada cultura é parte essencial da abordagem vygotskiana, especialmente quando vinculada ao conceito de internalização: é ao longo do processo interativo que as crianças aprendem como abordar e resolver problemas variados. (MARTINS, 1997, p. 117)

Para que tenha sentido para o aluno, o assunto deve assumir significado ou fazer parte de sua vivência. Na abordagem do estudo de ondas eletromagnéticas é possível que este termo não faça sentido ou que não haja significado para o aluno de ensino médio. Assim, a opção de utilizar os meios de comunicação aproxima o estudante de uma realidade que vivencia, podendo assumir importância e motivar sua investigação. Conforme, Gehlen, Auth e Auler (2008):

Ao trazer para dentro da escola situações contextuais e complexas, problematizando-as, fica evidente a necessidade de novos conhecimentos, o que cria um ambiente favorável à abordagem e significação dos conceitos científicos. Estes, por sua vez, contribuem para melhor compreender a situação

em foco e produzir novas realidades. (GEHLEN; AUTH; AULER, 2008, p. 67)

A metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (TMP) de Delizoicov e Angotti (1992), com a Problematização, Organização do Conhecimento e Aplicação do Conhecimento, aliada à modalidade de SD, que estrutura as aulas de maneira a expor uma problemática que seja motivadora, contribuem para as mudanças necessárias no ensino de Física e/ou Ciências da natureza. As aulas compõem um objetivo amplo sobre o entendimento das ondas eletromagnéticas e tópicos essenciais do eletromagnetismo embasadas em situações reais e equipamentos geradores. A preocupação ao planejar as atividades é o aprendizado dos conceitos, em que o ensino esteja voltado à aprendizagem significativa.

A organização das atividades propostas tendo como aporte a metodologia dos TMP pode propiciar o diálogo entre alunos e o professor/pesquisador favorecendo o diálogo. As problematizações apresentam problemas que necessitam de conhecimentos para uma resolução mais eficiente. Nesta fase os alunos apresentam hipóteses e algumas perguntas buscando resolver a questão. É necessário organizar o conhecimento, pois ocorre que o conhecimento acadêmico, com bases científicas, é uma necessidade. O professor/pesquisador apresenta os conceitos e conteúdos referentes ao tema em estudo.

A aplicação do conhecimento, sendo a terceira etapa da metodologia dos TMP, tem como objetivo o uso do conhecimento sistematizado como solução do problema motivador da discussão. As aulas estruturadas nessa metodologia promovem maior dialogicidade entre os entes do processo ensino-aprendizagem, favorecem a motivação, pois há uma aplicação sistemática do conhecimento.

O auxílio dos mais capazes pode promover o desenvolvimento de alunos que ainda não atingiram o desenvolvimento cognitivo para realizar algumas tarefas sem auxílio. Para tanto, vemos em Vygotsky (1998a) a concepção de Zona de Desenvolvimento Proximal (ZDP) como uma estratégia importante para auxiliar na aprendizagem dos estudantes.

A zona de desenvolvimento proximal define aquelas funções que ainda não amadureceram, mas que estão em processo de maturação, funções que amadurecerão, mas que estão presentemente em estado embrionário. Essas funções poderiam ser chamadas de “brotos” ou “flores” do desenvolvimento, ao invés de “frutos” do desenvolvimento. O nível de desenvolvimento real caracteriza o desenvolvimento mental retrospectivamente, enquanto a zona de

desenvolvimento proximal caracteriza o desenvolvimento mental prospectivamente. (VYGOTSKY, 1998a. p. 113)

As atividades realizadas em grupo são favoráveis para que as interações propiciem o desenvolvimento cognitivo dos envolvidos. Neste viés o diálogo que busca soluções, seja entre alunos e alunos/professor, é favorável ao desenvolvimento destas relações que promovem reflexões sobre o assunto estudado. A rotina escolar, com trabalhos e atividades em grupos, se orientada e com objetivos bem definidos é um campo aberto para o aprendizado de conceitos significativos.

A teoria desenvolvida por Vygotsky (1998a) embasa a lógica do desenvolvimento cognitivo mediante as interações entre os mais capazes propiciando o amadurecimento de funções cognitivas superiores. A idade biológica, embora seja significativa, pode coincidir ou não com a idade psicológica, sendo que as relações interpessoais propiciam desenvolvimento cognitivo.

O emprego dos conceitos articulados revela o significado a eles atribuído. Na teoria da significação conceitual de Vygotsky (1998a e 1998b) o conceito é parte fundamental no processo de aprendizagem e desenvolvimento cognitivo. A palavra que expressa significado, signo, expõe o que não é visível. Segundo Vygotsky (1998b, p.190), “As palavras desempenham um papel central não só no desenvolvimento do pensamento, mas também na evolução histórica da consciência como um todo. Uma palavra é o microcosmo da consciência humana.”

### 3. METODOLOGIA

A pesquisa utiliza a elaboração, desenvolvimento e análise das produções da sequência didática (SD) como metodologia diversificada. Para seu desenvolvimento ocorreram leituras, discussões e produções em geral. O grupo pesquisado é composto por duas turmas de 3º ano do ensino médio (2016 e 2017) de uma escola pública da região do Alto Paranaíba. As ações realizadas nessa escola foram acompanhadas pela pesquisa, de modo a compor registros e dados para análise do processo realizado.

A pesquisa tem um cunho qualitativo, por basear-se na elaboração e desenvolvimento da SD em sala de aula, nas observações e discussões durante as aulas e nas produções dos alunos. Buscamos identificar qualidades e padrões que possam ser comparados e avaliados diante um referencial teórico compatível ao assunto pesquisado.

A formação do conhecimento é o resultado de várias vivências e convivências dos indivíduos que são seres sociais e as pesquisas qualitativa e quantitativa buscam compreender e analisar relações e suas decorrências. De acordo com Günther (2006, p. 202)

Difícilmente um pesquisador adjetivado como quantitativo exclui o interesse em compreender as relações complexas. O que tal pesquisador defende é que a maneira de chegar a tal compreensão é por meio de explicações ou compreensões das relações entre variáveis. Segundo, sem dúvida, pode-se conceber as múltiplas atividades que compõem o processo de pesquisa como um ato social de construção de conhecimento.

Ao delimitar mais a situação, a pesquisa qualitativa também compreende a tipologia de estudo de caso, que tende a ser mais específico por considerar as especificidades do contexto no qual a pesquisa se desenvolve. Representa uma realidade escolar com certas particularidades, pois o desenvolvimento da SD ocorre na mesma escola em turmas do 3º ano do ensino médio nos anos de 2016 e 2017. Sendo assim, os registros realizados e os dados obtidos são representativos de uma realidade específica, porém relevantes a um contexto regional mais amplo. Segundo Günther (2006):

Observa-se, assim, que abordagens qualitativas, que tendem a serem associadas a estudos de caso, dependem de estudos quantitativos, que visem gerar resultados generalizáveis, i.é, parâmetros. Desta maneira dilui-se a controvérsia entre o estudo de caso, i.é, uma investigação aprofundada de uma instância de algum fenômeno, e o estudo envolvendo um número estatisticamente significativo de instâncias de um mesmo fenômeno, a partir

do qual seria possível generalizar para outras instâncias. Além do mais, num estudo de caso é possível utilizar tanto procedimentos qualitativos quanto quantitativos. (GÜNTHER, 2006, p. 204)

Para realizar um processo de ensino-aprendizagem diferenciado na escola contamos com a elaboração e desenvolvimento de uma SD, com a qual vislumbramos a noção de uma certa unidade com início, meio e fim do processo. Para tanto, também recorreremos à metodologia dos Três Momentos Pedagógicos (TMP), entendida como necessária para a elaboração e execução da sequência didática que tem como tema gerador o Rádio Galena, cujo funcionamento está baseado num circuito simples capaz de captar ondas de rádio sem alimentação elétrica. A metodologia dos TMP utiliza-se de: problematizações, que põe em evidência conhecimentos dos estudantes e favorecem as interações; a organização do conhecimento, que favorece a estruturação dos conteúdos de forma planejada; e a aplicação do conhecimento em situações reais, práticas, que contribui para a formação dos conceitos significativos e não apenas memorização de resoluções matemáticas.

A motivação inicial foi investigar a possibilidade ou não do funcionamento de um aparelho de rádio sem uso de uma fonte de energia elétrica. O uso de equipamentos tecnológicos como aporte para o ensino de ciências tem potencial relevante na aprendizagem.

O desafio é reelaborar os conhecimentos Físicos e educacionais através do desvelamento de princípios envolvidos na fabricação e funcionamento de alguns objetos tecnológicos como possibilidade de refletir sobre seus significados. Os aspectos técnicos sempre podem ser entendidos pelo conhecimento científico e/ou da física. Seja este visível e palpável por meio dos modelos da Física Clássica macroscópica, seja invisível, pouco tangível, por necessitar da interpretação de Física Moderna. (MION e ANGOTTI, 2001, p.3)

Para o desenvolvimento da sequência didática sobre ondas eletromagnéticas o papel do professor/pesquisador foi de orientação e motivação de discussões, bem como a realização dos registros para o desencadeamento sistemático da pesquisa.

A realização dos registros compreendeu questões relativas ao tópico ou assunto abordado na maioria das atividades com os alunos durante as aulas, bem como observações no decorrer da sequência didática, principalmente sobre o interesse e envolvimento nas atividades propostas, sejam leituras, atividades experimentais e atividades simuladas. A formulação das questões e atividades sugeridas aos alunos foi

direcionada para a formação de conceitos necessários para o entendimento sobre as ondas eletromagnéticas, a energia envolvida e propagação das mesmas no meio, tendo como objeto de estudo o funcionamento de um circuito simples para a captação de ondas eletromagnéticas de comprimento de onda da ordem de centenas de metros (modulação AM).

Ainda, foram consideradas outras atividades realizadas pelos alunos, como produções individuais e em grupos. As atividades, programadas em grupos compostos por quatro alunos (em média), compreendem discussões sobre o tema entre os estudantes de modo que as interações pudessem promover a aprendizagem do conteúdo em termos de conceitos e outros aspectos para a sua formação. Entende-se que nas interações entre sujeitos o ser humano constitui-se como sujeito social, fruto das interações sociais. De acordo com Martins (1997),

VYGOTSKY salienta que as possibilidades que o ambiente proporciona ao indivíduo são fundamentais para que este se constitua como sujeito lúdico e consciente, capaz, por sua vez, de alterar as circunstâncias em que vive. Nesta medida, o acesso a instrumentos físicos ou simbólicos desenvolvidos em gerações precedente é fundamental. (MARTINS, 1997, p. 114)

A pesquisa qualitativa baseia-se no estudo do material produzido pelos alunos durante as atividades propostas e mudança de atitude dos alunos ao realizarem as atividades propostas, questionamentos e apontamentos durante as aulas. O emprego de termos específicos e uso articulado do conhecimento através das situações vivenciadas podem ser indicativos quanto à aprendizagem dos novos conceitos.

Quantitativamente as informações acerca do número de questões não respondidas ou que não tenham o resultado esperado com o desenvolvimento da sequência também são entendidas como relevantes para avaliar a SD. Considerando o caráter avaliativo, exigência das instituições de ensino (as notas), avaliamos o 1º bimestre (ensino tradicional) e 2º bimestre (desenvolvimento da SD) referente à média obtida pelo grupo, bem como o desvio padrão.

A distribuição da pontuação entre participação, atividades/trabalho e avaliação é a mesma nos dois bimestres. Compreende a avaliação de participação, a motivação e empenho do aluno em realizar as atividades em sala, sejam em grupos ou individuais. Na avaliação das atividades/trabalhos são consideradas as produções que os alunos realizam durante as aulas e em casa. A nota respectiva a avaliação (prova) é referente à produção

do texto final e a resolução de 10 questões de uma coletânea de 19 questões retiradas do GREF.

Dentre as produções qualitativas dos alunos são considerados apontamentos realizados ao final das aulas, como o *minute paper*<sup>3</sup> que visa expor conceitos ainda não consolidados e interesses específicos sobre assuntos correlacionados ao tema de estudo. O questionário de opinião com aplicação posterior ao desenvolvimento da SD, estruturado com perguntas dissertativas, contempla questões que abordam a metodologia do ensino praticado na escola em anos anteriores e a atual, sua relação com os objetivos da educação básica descritos nos documentos norteadores e busca identificar a motivação, interesse por aulas diversificadas, conforme prioriza a SD.

A elaboração do texto tipo carta, solicitado como atividade avaliativa, busca averiguar o emprego de termos específicos e sua significação após as atividades organizada e planejadas durante a SD, tendo em vista a apropriação de conceitos próprios da Física e a articulação necessária para sua aplicação no cotidiano do aprendiz.

A análise das produções e das observações/anotações realizadas pelo professor/pesquisador segue a categorização:

- 1. Significação conceitual:** busca avaliar indicativos de apropriação/significação de conceitos relevantes, emprego correto e articulado de termos próprios da Física em frases e pequenos textos produzidos pelos alunos.
- 2. Atividades em grupo e interações:** valorização das atividades em grupo, baseado no conceito de ZDP (Zona de desenvolvimento proximal) de Vygotsky, onde os mais capazes podem auxiliar no desenvolvimento dos demais. As interações nas atividades em grupo são fatores que favorecem o aprendizado que pode resultar em desenvolvimento cognitivo.
- 3. Contextualização do conhecimento:** aplicabilidade no dia a dia, relação direta com a realidade vivenciada pelo aluno, a tecnologia presente nos objetos e equipamentos tecnológicos que o mesmo utiliza em seu cotidiano.

---

<sup>3</sup> Utilizamos a metodologia para obter um *feedback* das atividades durante a execução das aulas. Disponível em: [www.if.ufrgs.br/mpef/5eeefis/sistema/busca\\_publicacao.php?trabalho=311](http://www.if.ufrgs.br/mpef/5eeefis/sistema/busca_publicacao.php?trabalho=311)

4. **Abordagem teórico-experimental:** busca averiguar a relação entre teoria e experimentação. É evidenciada a teoria contextualizada pela prática experimental, envolvendo materiais de cunho prático tanto nos experimentos simulados quanto nas atividades experimentais empíricas.

## **4. A SEQUÊNCIA DIDÁTICA: O RÁDIO DE GALENA E O ENSINO DE ONDAS E ELETROMAGNETISMO**

**PROFESSOR:** *RENATO JOSÉ FERNANDES*

**SÉRIE:** *3º ANO DO ENSINO MÉDIO*

**TEMA:** *RADIO GALENA E SEU FUNCIONAMENTO*

**NÚMERO DE AULAS:** *19 AULAS DE 50 MINUTOS*

**LOCAL:** *ESCOLA ESTADUAL ODILON BEHRENS- PATROCÍNIO-MG.*

**PERÍODO:** *ABRIL/MAIO E JUNHO DE 2017*

### **OBJETIVO GERAL**

Compreender que as ondas eletromagnéticas transportam energia, que ondas sonoras são ondas mecânicas e que a compreensão de determinado assunto depende de vários tipos de conhecimentos e que estes são interligados.

### **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Verificar como as ondas eletromagnéticas são presentes no dia-a-dia e como as telecomunicações dependem dos conhecimentos sobre o eletromagnetismo; compreender os conceitos de frequência, comprimento de onda e amplitude; compreender se o meio material tem influência ou não na propagação das ondas no espaço.

### **CONTEÚDOS**

Ondas eletromagnéticas, Ondas mecânicas, propagação, velocidade, amplitude e frequência.

#### **4.1 Problematização Inicial.**

Buscando averiguar e motivar as concepções sobre o assunto ondas eletromagnéticas, energia e formas de propagação serão exploradas questões do tipo, como eram os meios com que as pessoas se comunicavam há 100 anos atrás? Como são

as formas de comunicação entre as pessoas nos dias atuais? Que tipo de rádio os alunos conhecem, qual o tipo de alimentação elétrica de cada um? Seria possível escutar um rádio sem que este esteja ligado a uma fonte de energia como pilhas ou tomada elétrica? Apresentação do rádio de galena. O que é este equipamento? Quais componentes você reconhece? Como é possível seu funcionamento? Qual sua fonte de energia elétrica? Este equipamento funciona sem nenhum tipo de energia? Como a transmissão/recepção ocorre?

## **4.2 Organização do Conhecimento.**

### **4.2.1 Introdução**

O conhecimento é uma necessidade básica do ser humano tal como comunicar-se com as outras pessoas. Desde a antiguidade o homem busca formas de comunicação, seja por sons, desenhos, ruídos e gestos. Ao longo de seu desenvolvimento aprimorou e conseguiu ampliar seus meios de comunicação, mesmo que ainda primitivos, como forma de dominar o meio e transmitir a informação ao demais.

O estudo de ciências, quando abordamos o assunto de ondulatória e ondas eletromagnéticas, depende de diversos conceitos que vão desde a mecânica até o eletromagnetismo. A forma como esses conceitos são ensinados, geralmente, são fragmentados mostrando-se para os alunos como conhecimentos isolados e sem aplicação à realidade. Há uma segmentação e separação de conceitos importantes na Física. Existe a necessidade de um conhecimento que seja amplo, o saber como uma ferramenta importante para uma melhor compreensão do mundo em que vivemos.

A participação do aluno em um processo de ensino aprendizagem colaborativo com o professor de modo a subsidiar as ferramentas necessárias para uma compreensão de mundo constitui-se como possibilidade de educação que seja significativa ao aluno.



	idosas da comunidade. Trazer fotos de rádios antigos e se possível algum aparelho antigo.	
2	Debate em sala sobre os tipos de comunicação utilizados por nossos antepassados. Como são as formas de comunicação nos dias atuais? Como o conhecimento contribui para o desenvolvimento da ciência? Apresentação no PowerPoint sobre os meios de comunicação atuais.	Desenvolvimento de questões e questionamentos que demonstrem a necessidade do conhecimento para o correto entendimento dos fatos.
3	Leitura do capítulo 30 GREF, “ <i>Diferentes formas de comunicação.</i> ”	Realizar as atividades referentes ao capítulo 30 do GREF. Apresentar o questionamento: é possível um rádio (aparelho) funcionar se uma fonte de alimentação elétrica?
4	O rádio de galena. Apresentação aos alunos do receptor de rádio AM, denominado rádio de Galena. Funcionamento do equipamento.	Problematização inicial sobre o estudo de ondas eletromagnéticas e ondas sonoras.
5	Levantamento e construção de uma tabela pelos alunos sobre ondas sonoras e ondas eletromagnéticas, exemplos do cotidiano dos alunos. O espectro eletromagnético.	Verificar e identificar os conceitos que os alunos detêm sobre ondas, se são capazes de caracterizar corretamente o que é uma onda eletromagnética e uma onda mecânica. (Ao final da SD, reaplicaremos a mesma questão) Apresentar o espectro eletromagnético aos alunos.
6	Ondas mecânicas. Aula prática com sistema massa-mola. Kit massa-mola da OBF.	Significação de conceitos sobre ondas mecânicas: período, frequência, amplitude. Serão realizadas medições e cálculos para a determinação do período, frequência e amplitude.
7	Leitura prévia do texto “Que tal um pouco de som” notícias sobre problemas auditivos provocados por fones de ouvidos e excesso de som, discussão em sala.	Ondas sonoras: propagação no meio, ondas transversais, longitudinais e tridimensionais. Ondas sonoras e a propagação do som no meio. Problemas de saúde provocados por exposição prolongada a ruídos altos e fones de ouvidos.
8	Atividade de simulação do Phet. “ <i>Sound</i> ”	Acústica: a propagação do som, interferência, reflexão e velocidade de propagação dependente do meio. Ausência da propagação do som no vácuo.
9	Ondas eletromagnéticas. Como funciona um alto-falante? Como é feita a conversão do sinal elétrico em onda sonora? Atividade prática, desmontando um alto-falante.	Corrente elétrica contínua e corrente elétrica alternada, noções básicas. Buscar questionar aos alunos como ocorre o funcionamento do alto-falante. Formular respostas através da manipulação prática e conhecimentos e conceitos de física. Questionar sobre a presença de um pequeno enrolamento de fio de cobre na base do cone móvel do alto-falante, qual sua função?
10	Campos magnéticos. Imãs permanentes. Atividade prática utilizando imãs, verificação de	Campo magnético. Linhas de campo. Imãs permanentes.

	linhas de campo e polaridade. A inexistência do monopolo magnético. Atividade prática manipulativa. (ímãs, limalha de ferro).	
11	Retomada de conceitos.	Aula expositiva, síntese e discussão sobre os principais conceitos estudados. Retrospectiva das atividades desenvolvidas.
12	Atividade prática. Experiência de Oersted. Comprovação experimental da Lei de Faraday-Lenz.	Campo magnético produzido por corrente elétrica. Fluxo magnético. Variação do fluxo magnético e a corrente elétrica induzida.
13	Atividade prática simulada: Lei da Indução eletromagnética.	Aula prática sobre a experiência de Faraday-Lenz. Verificação experimental da indução eletromagnética e relação entre a geração de energia elétrica através da transformação da energia mecânica.
14	Construindo um motor elétrico de corrente contínua. Utilizando pequenos motores e leds para a demonstrar a geração de energia. O princípio da conservação da energia.	Campo magnético produzido por ímã permanente. Motor elétrico e gerador elétrico. O princípio da conservação da energia. Atentar para a impossibilidade de geradores de energia infinita. (vídeos que circulam na internet e fazem grande sucesso)
15	Atividade de simulação do Phet “Ondas de rádio e campos eletromagnéticos”.	Propagação de uma onda eletromagnética no meio.
16	Atividade prática: blindagem eletromagnética e interferência de ondas eletromagnéticas utilizando um repetidor FM e rádio FM.	Frequência, comprimento da onda, eletromagnética, velocidade de propagação. Por que as estações de rádio transmitem em frequência distintas? O que significa kHz e MHz? Potência e alcance de uma onda.
17	Retomada, o espectro eletromagnético. Questões retiradas do GREF.	Avaliação de aprendizagem de conceitos significativos.
18	Produção de texto. Os alunos devem escrever uma carta a um amigo ou parente relatando como foram suas aulas no 2º bimestre de 2017 durante aplicação da SD. No texto solicitando a carta serão disponibilizadas palavras-chave que auxiliaram na produção.	Promover discussões sobre a física envolvida em uma estação de rádio, distribuição do sinal, captação, sintonia pelo radiouvinte e audição do som.
19	Avaliação das atividades, questionário de opinião dos alunos sobre o desenvolvimento da sequência didática em sala de aula.	Verificar se a SD facilitou o entendimento dos conceitos abordados e se as aulas desenvolvidas durante o período foram consideradas diferenciadas, significativas e produtivas aos alunos.

### 4.2.3 Detalhamento dos materiais necessários para o desenvolvimento da SD

**Tabela 2:** Materiais necessários

Aula	Conteúdo/Aula	Materiais	Tipo de atividade
01	Solicitação do trabalho escrito	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não há materiais específicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual</li> </ul>
02	Tipos de comunicações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador e Datashow.</li> <li>• Apresentação PowerPoint baseada no cap. 30 do GREF.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual</li> </ul>
03	<i>Diferentes formas de comunicação. ”</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capítulo 30 GREF, impresso 26 cópias.</li> <li>• Páginas 114 a 120.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual</li> </ul>
04	Apresentação do rádio de Galena.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Há dois equipamentos montados e funcionando.</li> <li>• Verificar o funcionamento antecipadamente e se necessário gravar o rádio em funcionamento em Patos de Minas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo</li> </ul>
05	Ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas. O espectro eletromagnético.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar uma tabela para ser preenchida pelos alunos listando os diversos tipos de ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas.</li> <li>• Apresentar o espectro eletromagnético, impresso ou projetado por Datashow.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo (4 ou 5 alunos)</li> </ul>
06	Ondas mecânicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 kits massa-mola OBF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo (4 alunos.)</li> </ul>
07	Leituras sobre o som: texto “Que tal um pouco de som” e reportagens alertando sobre a exposição excessiva a fones de ouvidos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impresso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual</li> </ul>
08	Simulação: som.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratório de informática.</li> <li>• Disponibilizar roteiro para a orientação da atividade e questões anexas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual ou dupla.</li> </ul>
09	Desmontando um autofalante.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 alto falantes grandes.</li> <li>• Pedacos de fios</li> <li>• 5 pilhas AA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo (4 ou 5 pessoas)</li> </ul>
10	Campos magnéticos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 a 6 ímãs e limalhas de ferro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo (4 ou 5 pessoas)</li> </ul>
11	Retomada de conceitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quadro e giz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual.</li> </ul>

12	A experiência de Oersted. A lei de Faraday-Lenz.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 bússolas.</li> <li>• Fios</li> <li>• 4 pilhas AA</li> <li>• 2 multímetros digitais ou analógicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo (5 pessoas).</li> </ul>
13	Prática simulada: Lei da Indução.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratório de informática.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual ou dupla.</li> </ul>
14	Construindo um motor elétrico de corrente contínua. Gerador elétrico, produzindo energia elétrica a partir de pequenos motores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 Leds brancos</li> <li>• 2 motores elétricos pequenos</li> <li>• Base de madeira</li> <li>• 4 ou 5 imãs</li> <li>• 4 pilhas AA</li> <li>• Fio de bobina (AWG 28 ou 30)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo</li> </ul>
15	Simulação, ondas eletromagnéticas e campos. Ressonância.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratório de informática</li> <li>• Roteiro com questões sobre a atividade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual ou em duplas</li> </ul>
16	Blindagem eletromagnética e interferência.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 repetidor FM<sup>4</sup></li> <li>• 1 bateria de 12 V ou carregador de celular.</li> <li>• 1 rádio FM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo</li> </ul>
17	Avaliação da aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material impresso.</li> <li>• Questões extraídas do GREF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual</li> </ul>
18	Produção escrita sobre o desenvolvimento das atividades.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material impresso com descrição da atividade solicitada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual</li> </ul>
19	Questionário	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impresso.</li> <li>• Questionário com questões sobre a opinião dos alunos sobre a SD.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual</li> </ul>

#### 4.2.4 O rádio de Galena

O circuito conhecido como rádio de Galena, que capta ondas de rádio AM, foi amplamente utilizado no início do séc. XX. O termo Galena refere-se ao sulfeto de chumbo, minério com grande concentração de chumbo, um dos primeiros semicondutores utilizados para a montagem do circuito. Esse semicondutor permite passagem de corrente elétrica em apenas um sentido. Assim, na montagem do rádio de Galena ele funciona com

---

<sup>4</sup> O repetidor FM pode ser encontrado em lojas de utilidades.

um filtro reduzindo a interferência de outras ondas. Para a montagem apresentada aos alunos utilizamos um diodo que substitui o semicondutor de Galena.

A proposta é que os alunos possam explorar o funcionamento do rádio com a finalidade de compreender que a energia necessária seu funcionamento é proveniente das próprias ondas eletromagnéticas. Durante as aulas procura-se desenvolver o entendimento de como ocorre a captação da onda eletromagnética, sua transformação em som e que é necessário conhecimentos sobre eletromagnetismo e ondas. O equipamento construído capta sinal de rádio na modulação AM (amplitude modulada) com variação de frequência de 530 *kHz* até 1600 *kHz*. O projeto de montagem do circuito simples utiliza dois capacitores ( $C_1$ ;  $C_2$ ) com capacitância respectiva de 100 *pF* e de 250 *pF*; um diodo que tenham baixa tensão direta (diodo de germânio); um fone de cristal (F) e, aproximadamente, 60 metros de fio esmaltado do tipo AWG 30, para a construção da bobina e antena.

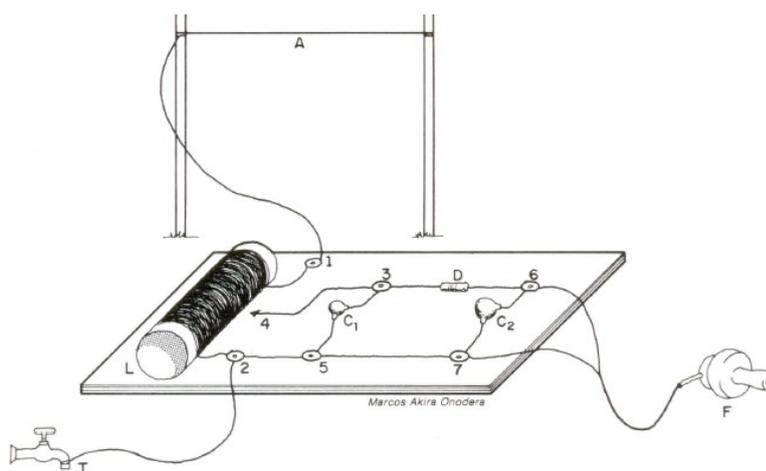


Figura 2. Pg 30 Revista Ensino de Ciências nº17 ano 1987

Utilizando como referência Figueiredo e Terrazzan (1987) para a construção do circuito denominado rádio de Galena obtivemos o resultado apresentado na figura 3. O detalhamento da construção do rádio de Galena, materiais e suas especificações encontram-se no produto educacional, apêndice A.

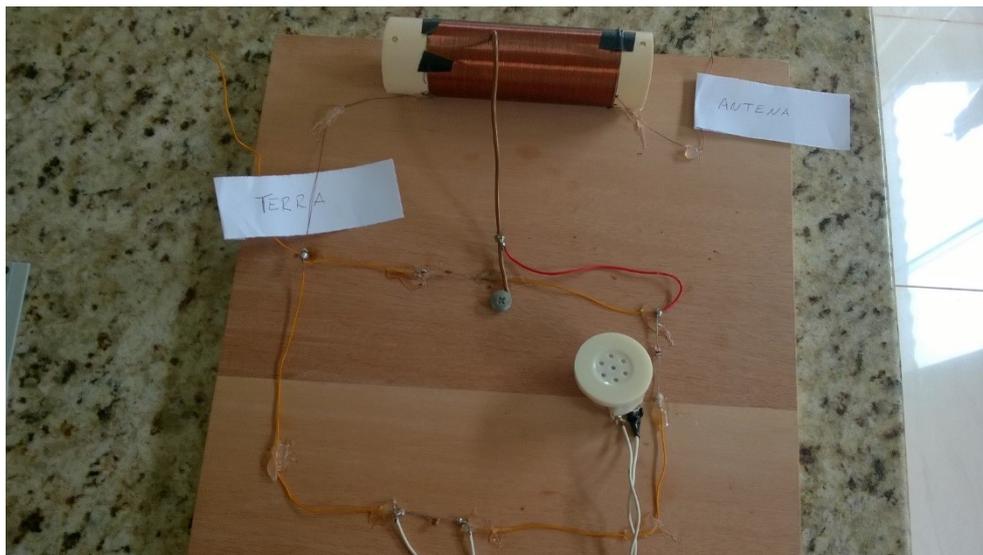


Figura 3: o rádio de Galena pronto para uso. Fonte: autor do texto

O esquema a seguir ilustra a função de cada componente no circuito:

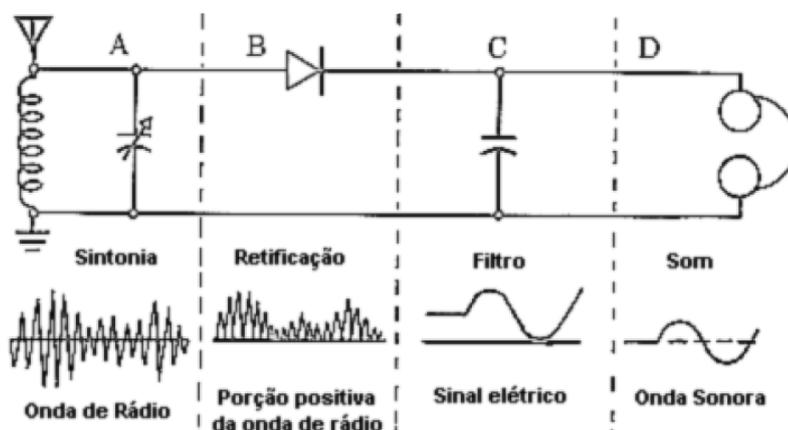


Figura 4: Esquema ilustrativo da função de cada componente no rádio de Galena. Disponível em: <http://www.gettec.cefetmt.br/~luizcarlos/Tele/Receptor%20AM%20FM/R%E1dio%20Galena.doc>

#### 4.2.5 Conceitos representativos e detalhamento das atividades

As comunicações e telecomunicações, motivação e problematização inicial (aula 1 a 4)

A atividade a ser desenvolvida pelos alunos acerca da produção do texto sobre os meios de comunicação de antigamente tem como objetivo despertar a curiosidade sobre

a ciência como desenvolvimento humano e valorizar a história local. A atividade é indicada como a primeira aula do desenvolvimento da SD e deve motivar vários questionamentos sobre o assunto. Os processos de modernização dos sistemas de comunicação ocorrem continuamente alinhados à necessidade de formas de comunicação mais rápidas, confiáveis e seguras. O que distingue a realidade vivida há meio século atrás da realidade de nossos alunos são os recursos tecnológicos disponíveis.

A valorização do debate entre os alunos diferencia consideravelmente as aulas ditas tradicionais das atividades programadas na SD. Listada na tabela 1 como aula 2, a discussão entre os alunos, mediada pelo professor, tem a prioridade de expor aos colegas dados e opiniões distintas sobre os meios de comunicação sobre o trabalho escrito desenvolvido. Durante as aulas são apresentadas imagens utilizando o PowerPoint sobre as formas de comunicação de antigamente como forma de sintetizar os trabalhos escritos solicitados na aula 1. O professor deve conduzir a um direcionamento de que é necessário conhecer mais sobre o assunto, buscar mais informações, ler mais sobre o tema para compreender a ciência envolvida nas tecnologias de informação e comunicação presentes no dia-a-dia.

Embora façam parte da mesma comunidade há contextos familiares diversos, o que promove uma diversidade de opiniões e questionamentos. A curiosidade deve ser o ponto de partida para o estudo de ciências, da observação de fenômenos e a busca por uma compreensão satisfatória.

Na leitura do capítulo 30 do GREF, “*Diferentes formas de comunicação*”, correspondente a aula 3, almeja-se expandir novos horizontes do conhecimento com um texto de fácil leitura e linguagem acessível aos alunos. Como o assunto já faz parte das aulas de Física espera-se um interesse diferenciado na leitura e resolução das questões que são solicitadas ao final do capítulo. Em segundo plano a atividade do professor é preparar questionamentos que motivem e desafiem os aprendizes a buscar mais. As aulas 1, 2 e 3 são motivadoras e objetivam despertar o interesse pelo estudo do assunto. A questão central das atividades que seguem é apresentada aos alunos: é possível ouvir rádio (aparelho) sem que este esteja conectado a uma fonte de energia elétrica?

O rádio de Galena é apresentado aos alunos e conectado ao fio terra e a uma antena externa. A escola em que a atividade é desenvolvida é consideravelmente distante da estação de rádio AM do município (distância superior a 20 km). Como alternativa em

caso de comprometimento da sintonia ou como forma complementar pode ser apresentado um vídeo sobre o circuito denominado rádio de Galena e a demonstração de seu funcionamento. A descrição corresponde a aula 4.

### O espectro eletromagnético (aula 5)

Uma figura tradicionalmente encontrada nos livros de Física do ensino médio é a apresentação do espectro eletromagnético. Trata-se de uma tabela contendo as informações de comprimento de onda e frequência de diversos tipos de ondas presentes no meio. As rádios modulas em AM tem comprimento de onda na casa do hectometro<sup>5</sup> (100m) e a luz visível ao olho humano é compreendida de 500 nm (nm = nanômetro =  $10^{-9}$  m) até 700 nm. A capacidade humana de enxergar a radiação é muito limitada diante do largo espectro de ondas. A figura a seguir apresenta a faixa do espectro de ondas eletromagnéticas visível e as demais ondas que são invisíveis a olho nu.

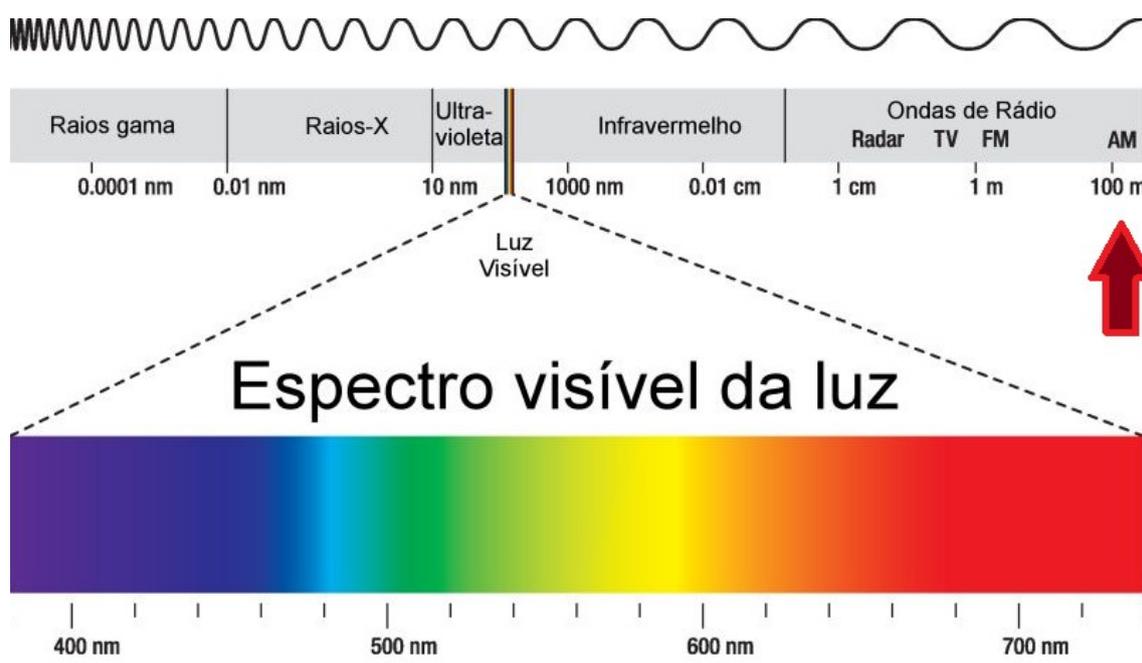


Figura 5. O espectro eletromagnético. Disponível em: <http://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>

A atividade a ser desenvolvida pelos alunos é construir uma tabela listando ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas, sem que haja uma explicação por parte do professor,

<sup>5</sup> Grafia conforme o S.I. (Sistema Internacional de Unidades), página 8. Disponível em: [http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/si\\_versao\\_final.pdf](http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/si_versao_final.pdf)

apenas das informações e opiniões que eles detêm. Ao final da aula ocorreu a exibição do vídeo: Eletromagnetismo - Espectro Eletromagnético<sup>6</sup>, com duração de 10 minutos e 58 segundos. O vídeo apresenta exemplos de ondas eletromagnéticas e as relações dimensionais entre seu comprimento de onda com ordens de grandeza em potência de 10. As atividades sobre o espectro eletromagnético são programadas para aula 5.

Para compreender o funcionamento do rádio de galena, o equipamento gerador, consideramos essencial ao estudante a significação de alguns conceitos entendidos como representativos e que serão abordados nas aulas seguintes.

### Ondas mecânicas (aula 6)

Nos estudos dos movimentos que se repetem em determinado ciclo de tempo utilizamos a definição movimentos periódicos. Um pêndulo que descreve uma trajetória de movimentos semelhantes de ida e volta, as ondas do mar, o sistema massa-mola também tem a característica de apresentar um movimento padronizado em função do tempo. Esses movimentos são abordados na Física como movimentos harmônicos simples (MHS) e embora sejam eventos mecânicos seguem os mesmos princípios que podem ser aplicados às ondas sonoras que são ondas mecânicas. Assim, a noção e o entendimento do conceito de movimento periódico são necessários para a compreensão do que são ondas mecânicas e sua forma de propagação no meio.

Para apresentar estes conceitos aos alunos de forma que seu entendimento seja facilitado, é recomendado uso de aula prática sobre movimentos harmônicos e ondas mecânicas, de forma a compreender termos referentes às ondas utilizando ondas mecânicas através do sistema massa-mola. Os materiais necessários para desenvolver a atividade são: molas, cronômetro e alguns pesos e um suporte com régua. Será utilizado o kit desenvolvido para a verificação experimental da lei de Hooke, elaborado pela SBF (Sociedade Brasileira de Física) que foi distribuído para algumas escolas que participam da Olimpíada Brasileira de Física<sup>7</sup>. O objetivo é trabalhar a análise de movimentos oscilatórios com o sistema massa-mola. Outra possibilidade é utilizar molas espirais de cadernos em substituição às molas do kit da SBF ou, ainda, apresentar o movimento

---

<sup>6</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=-C2erXakQIQ>

<sup>7</sup> <http://www.sbfisica.org.br/v1/olimpiada/2016/>

oscilatório utilizando o movimento pendular. Durante a atividade experimental os alunos poderão expor suas curiosidades e alguns conhecimentos prévios e ocorre a possibilidade de verificação e aplicação do conhecimento, caso o assunto já tenha sido abordado em série anterior.



Figura 6: Sistema massa mola elaborado pela SBF. Fonte: autor do texto.

Abordar questões como:

- a) Qual o tempo necessário para que ocorram 20 movimentos de descida e subida? (encontrar o valor médio); qual o tempo para que ocorra um movimento completo de subida e descida?
- b) Como é chamado esse movimento?
- c) Em um segundo, quantos movimentos ocorrem? Como fazer esta conta?
- d) Discutir questões como: o que ocorre como movimento se a massa for dobra? Uma mola diferente tem comportamento igual? O que mudou.
- e) Utilizando outra mola, disponibilizada no kit, qual o tempo para que ocorram 20 oscilações? Qual a frequência? Compare seus resultados desta questão com os resultados obtidos na questão a).

Explorar os conceitos de período, frequência, comprimento de onda, velocidade de propagação, amplitude e suas unidades. Construir e discutir sobre a representação gráfica do movimento do sistema massa mola.

### A propagação do som no meio (aula 7)

O som que chega aos nossos ouvidos é o resultado da variação de pressão no ar que se propaga no meio através da vibração. As ondas sonoras se propagam em diferentes meios materiais com velocidades diferentes para cada meio. A leitura prévia e discussão durante a aula sobre o texto que aborda a propagação do som em diferentes meios: “Que tal um pouco de som?” Tanto o texto utilizado na aula quanto as questões foram retiradas do livro GREF e apresentam uma abordagem mais conceitual com ênfase em questões aplicáveis de ciência no dia-a-dia do estudante. Há aplicações diretas de cálculos, como frequência e comprimentos de ondas, porém não estão como prioritários. A formação de conceitos e estratégias para o entendimento dos fenômenos pode facilitar o entendimento do evento que tradicionalmente é apenas descrito pelo professor.

#### **Que tal um pouco de som?<sup>8</sup>**

As ondas sonoras são variações da pressão do ar e sua propagação depende assim de um meio material. À medida que a onda se propaga, o ar é primeiro comprimido e depois rarefeito, pois é a mudança de pressão no ar que produz o som.

As ondas sonoras capazes de serem apreciadas pelo ouvido humano tem frequências variáveis entre cerca de 20 Hertz e 20 000 Hertz.

A voz feminina produz um som cuja frequência varia de entre 200 Hz a 250 Hz, enquanto a voz masculina apresenta uma variação de 100 a 125 Hz.

Para transmitir a voz humana ou uma música é preciso converter as ondas sonoras em sinais elétricos, e depois reconvertê-los em sonoras a fim de que possam ser ouvidas. O primeiro papel é desempenhado pelo microfone e segundo pelo alto-falante.

No ar à temperatura ambiente, o som se propaga com uma velocidade aproximada de 340 m/s. Já a luz viaja a quase 300000 km/s. É por esta razão que o trovão é ouvido depois da visão do relâmpago.

---

<sup>8</sup> Recorte do livro GREF, página 124, com adaptações. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro5.pdf>

Matéria	Temperatura (°C)	Velocidade (m/s)
Água	15	1450
Ferro	20	5130
Granito	20	6000

Além da frequência, as ondas sonoras também são caracterizadas pelo seu tamanho ou comprimento de onda.

Esse comprimento pode ser calculado por uma expressão que relaciona com sua frequência e velocidade de propagação:

$$\text{Velocidade} = \text{frequência} \times \text{comprimento de onda}$$

Para se ter uma ideia do tamanho das ondas sonoras audíveis pelos seres humanos, basta dividirmos o valor da velocidade de sua propagação pela sua frequência. Assim, para 20 Hz, o comprimento da onda sonora será de 17 metros. Já para ondas sonoras de 20.000 Hz, o comprimento de onda será de 1,7 cm.

As ondas sonoras são ondas mecânicas que precisam de um meio material para se propagarem, provocando vibração deste meio no mesmo sentido de sua propagação. Por esta razão, elas são denominadas de **ondas longitudinais**. O vácuo não transmite o som, pois ele precisa de um meio material para se propagar.

### Exercitando....

1. Qual o tipo de transformação de energia ocorre no altofalante?
2. O som se propaga no vácuo? Justifique.
3. Calcule o comprimento de uma onda sonora cuja a frequência é de 250 Hz e se propaga no ar com uma velocidade de 340 m/s.
4. Calcule o comprimento de onda do som do exercício anterior, admitindo que sua propagação agora se dá na água com uma velocidade de 1400 m/s.
5. As ondas sonoras tem frequência de 20Hz a 20.000 Hz. Que valores de comprimento de onda delimitam estas frequências?
6. No caso da onda eletromagnética, que se propaga a velocidade da luz, emitida pela estação de rádio AM de Patrocínio, Difusora AM. Sabendo que a frequência de 560 kHz qual o comprimento desta onda?

### Atividade prática simulada sobre a propagação do som (aula 8)

A simulação *sound*<sup>9</sup> possibilita ao aluno verificar como ocorre a propagação da onda sonora, visualizando a projeção da vibração se propagação em diferentes meios com o recurso de variar a amplitude e frequência da fonte sonora. Conceitos como interferência e reflexão de ondas podem ser experimentados virtualmente com o uso do computador. O simulador traz a possibilidade de visualizar o que na prática seria apenas conceitual, pois sentimos a onda sonora devido a vibração de um alto-falante, mas não podemos visualizar a propagação da onda sonora no meio. Conforme foi descrito no texto “Que tal um pouco de som”, a propagação da onda sonora é longitudinal e não ocorre no vácuo. O roteiro utilizado na aula prática encontra-se a seguir.

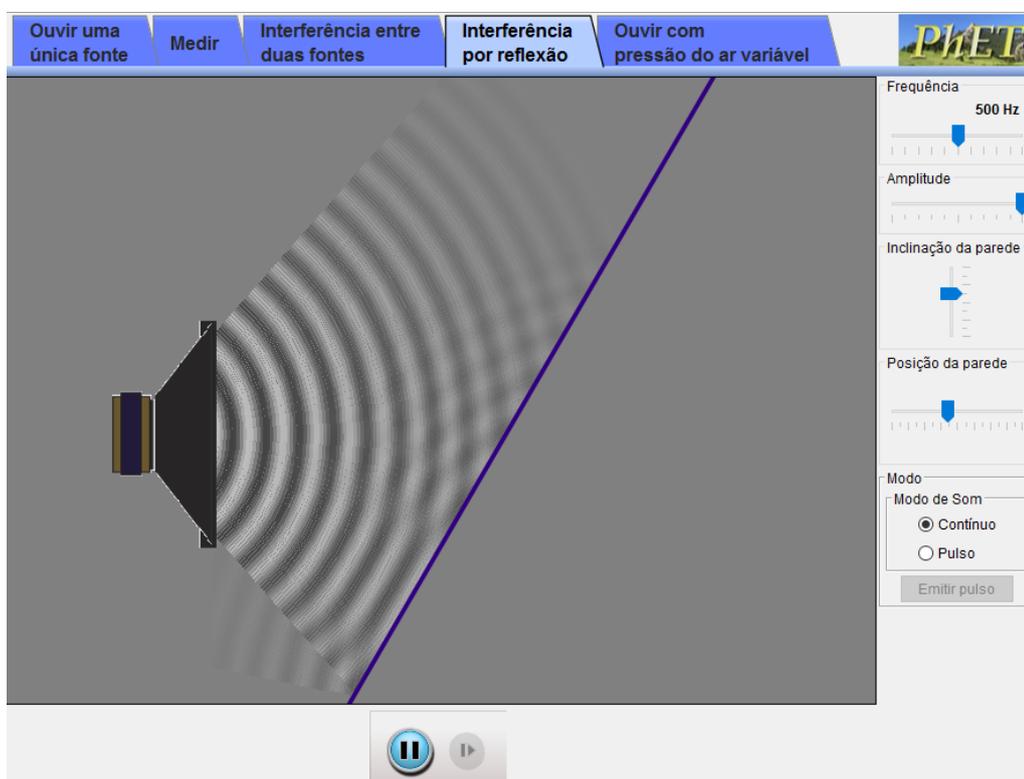


Figura 7: Simulação da propagação do som (Phet). Fonte: Phet Colorado.

### **Roteiro para aula prática sobre a propagação do som.**

#### **Atividade prática simulada.**

<sup>9</sup> Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/legacy/sound](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/legacy/sound)

Utilizando o recurso do simulador Phet Colorado, iremos explorar algumas aplicações dos conceitos trabalhados durante a atividade experimental sobre ondas mecânicas. Esta aplicação é executável utilizando a plataforma Java, sendo um *Java Applet* que funciona com acesso direto a internet com utilização do aplicativo no site oficial ou pode ser instalado em cada máquina desde que tenha uma versão do Java.

Partindo então para a parte de experimentação com o simulador. Faça as anotações em uma folha de papel.

Faça o desenho das ondas que são propagadas em cada aba. Verifique o que ocorre, por exemplo quando aumentamos a frequência e aumentamos ou diminuimos a amplitude.

Aba 1. Ouvir uma fonte:

Faça o desenho de como onda se propaga no meio.

Aba 2. Medir:

Varie a frequência e observe o que ocorre. Se a velocidade de propagação depende do meio e na simulação ela permanece constante então o que é a variação na distância entre os pontos mais escuros e claros. Utilize a tecla pause // e com auxílio da régua faça a medição entre esses pontos claros e escuros. Escolha duas medidas de frequência e anote, faça em seguida a medida entre os pontos claros e escuros.

Aba 3. Interferência entre duas fontes.

Indique em que situação do seu dia-a-dia ocorre interferência entre fontes sonoras. Qual seria a representação da interferência?

Aba 4. Interferência por reflexão.

A posição do anteparo interfere no padrão da reflexão? Como? Descreva.

Aba 5. Ouvir com pressão do ar variável.

O som precisa de um meio físico para se propagar. Varie a pressão e observe o que ocorre. Retire o ar da caixa e veja o que ocorre. A simulação é coerente com o texto “Que tal um pouco de som”. Explique.

Os adolescentes utilizam com considerável frequência fones de ouvido. Os *smartphones* utilizados por eles tem uma capacidade razoável de armazenamento de dados que os jovens utilizam principalmente para armazenar músicas. Acessam rádios *online*, *videoclipes* e são expostos por longos períodos de tempo a fones de ouvidos com o volume nem sempre moderado. Assim, após a leitura do texto sobre o som e a atividade simulada, é solicitado aos alunos que façam, individualmente, uma pesquisa sobre a exposição excessiva ao som alto e o uso prolongado de fones de ouvido.

Na aula seguinte os alunos devem relatar o que encontraram, o professor tem o papel de gestor da aula, o debate deve transcorrer sobre o risco de comprometimento da audição prematuramente devido a exposição à ruídos muito altos e fones de ouvidos. É importante também lembrar do uso obrigatório de EPIs (Equipamentos de proteção individual) que visam minimizar os efeitos à exposição degradante ou de risco à saúde. A aula de Física pode transcender os portões da escola e contribuir para a formação de pessoas que tenham acesso a informação e a usem em seu benefício.

#### Ondas eletromagnéticas e o funcionamento de um alto-falante (aula 9)

O meio é composto de inúmeras ondas eletromagnéticas que são a base de praticamente todos os tipos de comunicações modernas. Logo a questão é como estas ondas que permeiam o meio se transformam em ondas mecânicas, o som? Para nossa montagem a antena faz a captação das ondas eletromagnéticas na modulação AM (amplitude moderada). Há diversas ondas juntas que serão captadas e então é necessário separar os tipos de ondas que nos interessa.

No rádio de galena os capacitores em paralelo com o indutor (bobina variável) fazem esta separação. O diodo de germânio tem função de filtro permitindo a passagem de corrente elétrica em um sentido apenas. Feito o tratamento do sinal é necessário que a corrente seja transformada em som. Essa transformação é realizada no alto-falante utilizando as propriedades do ímã permanente e da estreita relação corrente elétrica e campo elétrico.

Após uma descrição e estudo de como o som se propaga no meio, as relações entre a velocidade de propagação, frequência, comprimento de onda, chegamos a questão: como o som é produzido no alto-falante? Do que é feito um alto-falante? O que causa o

movimento da parte interna do alto falante? Essas questões podem ser apresentadas como problemas pelos alunos. Nesta aula prática manipulativa foram apresentados 5 alto-falantes de diversos tamanhos, usados ou destinados ao descarte.

Outro fato que deve ser trabalhado além dos componentes que integram o equipamento é a respeito de seu funcionamento em relação à corrente elétrica contínua. Após recolher os alto-falantes que foram doados por conhecidos e amigos que trabalham em oficinas automotivas foi procedido um teste de resposta a corrente elétrica. Ao alimentar o alto-falante com a corrente elétrica proveniente de uma pilha de 1,5 V (utilizando 2 pilhas o efeito é mais evidente) verificou-se uma movimentação no cone interno do mesmo. Se o contato for mantido não houve movimentação do cone interno.

Há diversas possibilidades de mediação do professor acerca destes fatos que puderam ser observados durante a aula prática manipulativa. As hipóteses formuladas pelos alunos podem propiciar ao professor oportunidades significativas de orientá-los de maneira a que eles próprios construam modelos mentais para explicar os fenômenos e por se tratar de uma atividade manipulativa, estes podem testar se as hipóteses são coerentes com o fato observado.

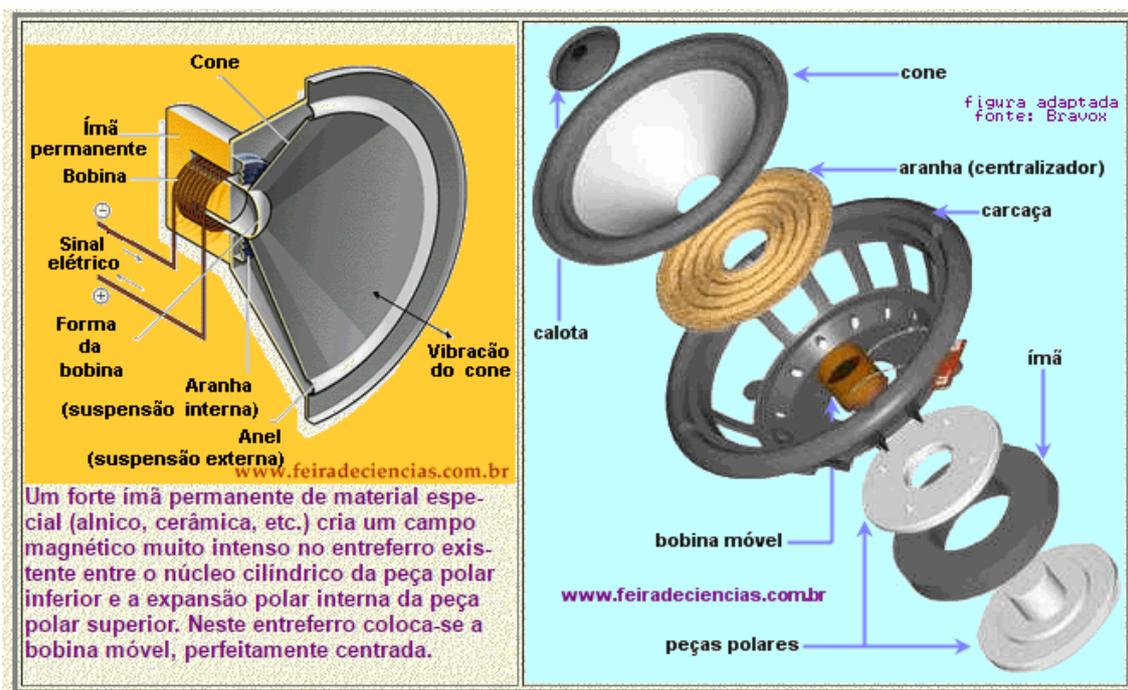


Figura 8. Esquema de funcionamento de um alto-falante. Fonte: [http://www.feiradeciencias.com.br/sala15/15\\_44.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala15/15_44.asp)

O alto-falante como apresentado na figura 8, é composto de bobina, ímã permanente, cone (parte interna móvel), moldura e armação metálica. O sinal em forma de corrente elétrica chega à bobina e induz na mesma o campo magnético. Observando a figura 8, verifica-se que a bobina se encontra dentro de um forte ímã permanente e que a bobina é fixada ao cone (geralmente de papel). Conforme comprovado por Faraday-Lenz, a variação do fluxo magnético induz corrente elétrica.

Como o ímã permanente gera campo permanente o surgimento de outro campo magnético, induzido pela variação da corrente, produz movimento devido a repulsão de campos magnéticos iguais e atração quando os campos magnéticos são diferentes. Assim como a bobina está fixada ao cone interno do alto-falante os movimentos geram ondas sonoras que se propagam no meio. Como discutido, ondas mecânicas.

Após as considerações dos alunos, surgem novas perguntas que são necessárias de investigação para compreender o que de fato ocorre no processo, como interagem os campos magnéticos? O que é polaridade magnética e linhas de campo? Como ver e comprovar as linhas de campo magnético?

#### Campos magnéticos permanentes e linhas de campo magnético (aula 10)

A manipulação de objetos é um fator que pode facilitar a compreensão de determinado assunto, fato este que subsidia a necessidade por aulas investigativas e que tenham atividades práticas. Por outro lado, ensinar conceitos sobre campos magnéticos e sobre as linhas de campo, a inexistência de um monopolo magnético (Leis de Maxwell do eletromagnetismo) contando apenas com desenhos no quadro é um desafio quando existe a preocupação e o cuidado com o aprendizado, com a formação de conceitos significativos.

Na aula sobre o alto-falante, ao desmontá-lo retiramos ímãs e com mais algumas unidades de neodímio é possível explorar atividades práticas e relacionar com os principais conceitos do magnetismo. Para a apresentação das linhas de campos, um ímã, folha de papel e pó de ferro (palha de aço submetida à combustão) pode revelar o que os olhos não veem: as linhas de campo magnético. As formações de imagens nesta atividade, geralmente, são de boa qualidade e por se tratar de atividade manipulativa supera

consideravelmente os desenhos do professor no quadro, na tentativa de apresentar uma boa descrição sobre linhas de campo.

A questão é a possibilidade de interação, uma vez que a necessidade de conhecer mais deve partir do aluno, que faz perguntas, e cabe ao professor conduzir os questionamentos para que a observação e a realização da experiência possibilitem ao estudante descobrir respostas. Na aula expositiva o professor impõe ao ambiente o seu ritmo e diz o que o aluno tem que saber, o que facilmente diverge com o que ele quer saber.

#### Retomada de conceitos (aula 11)

Ao desenvolver uma quantidade significativa de conceitos é necessário sintetizá-los de maneira prática e organizada. O presente trabalho não desvaloriza o mérito de aulas expositivas, tanto que utiliza desta para organizar e esquematizar os conceitos estudados. As inúmeras possibilidades que o professor tem para trabalhar em sala devem ser exploradas e diversificadas durante sua prática, pois o problema é a exclusividade de um método.

Um ano letivo, que na rede pública conta com 40 aulas, totalmente ministrado de forma expositiva, utilizando apenas o recurso de quadro-giz, pode ser frustrante para o aluno que assiste passivamente à aula e um sofrimento para o professor que espera despertar a atenção e o interesse dos alunos. O debate durante a síntese pode ser uma oportunidade para o professor analisar o emprego correto de termos e conceitos relacionados ao conteúdo. Esclarecer alguns pontos que possam ser de maior dificuldade aos estudantes e conectar os assuntos que fazem parte de um todo, o estudo detalhado do funcionamento do rádio de Galena, a captação das ondas eletromagnéticas e a produção e propagação do som.

#### A experiência de Oersted e Faraday-Lenz. (aula 12)

Para o aluno do Ensino Médio, no último ano, os conceitos de campo magnético permanente e campo magnético devido à corrente elétrica deverá ser algo desconhecido até então. Ocorre a possibilidade do ensino com base na necessidade do conhecimento e não apenas a apresentação de uma teoria e uma lista de exercícios decorrentes do novo

conhecimento. O professor pode se servir dessa necessidade de construir significado para expor a experiência de Oersted (1820) sendo o marco o início dos estudos do eletromagnetismo.

Até então os estudos de eletricidade e magnetismo eram feitos isoladamente, sendo que a estreita ligação era desconhecida pelos estudiosos da época. Oersted verificou que a passagem de corrente elétrica por um fio metálico provocava interferência em uma bússola, concluindo assim que ao submeter o fio a corrente elétrica surgia campo magnético.

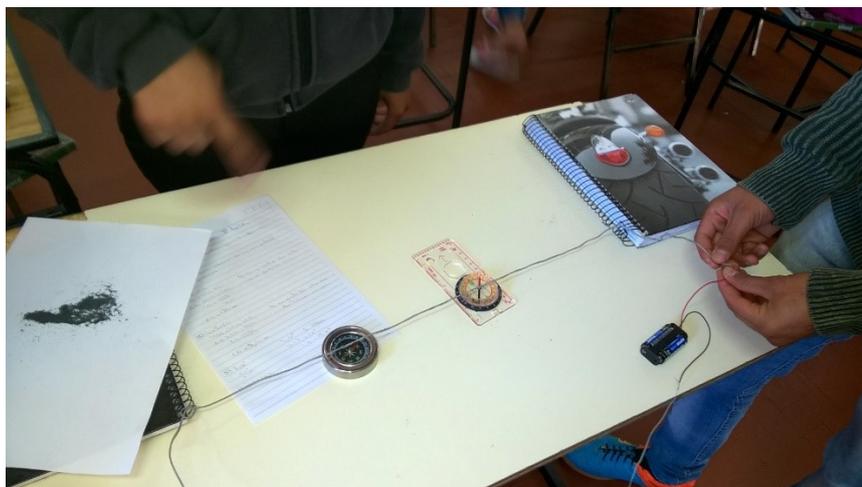


Figura 9: Montagem da experiência de Oersted. Fonte: próprio autor.

Como se trata de um experimento simples, necessitando de um fio condutor, uma bússola e uma fonte de alimentação de corrente contínua, o experimento de Oersted pode ser reproduzido em sala como um experimento que tem a finalidade de comprovação de uma teoria. Motivar as questões como: o que ocorre quando invertemos o sentido da corrente? Utilizando um multímetro digital medir a corrente elétrica no fio utilizando como fonte uma pilha. Verificar a medida de intensidade de corrente com 2 e 3 pilhas. Existe uma relação direta com a intensidade do campo magnético produzido? Com fazer essa verificação?

As aplicações dessa descoberta são imensuráveis e suas consequências presentes em diversos estudos posteriores bem como nos equipamentos elétricos que utilizamos hoje. É importante verificar que no início da revolução industrial os motores utilizados eram a vapor e que seu rendimento em converter energia térmica em trabalho era inferior

a 10%. Logo a possibilidade de utilizar um motor menor e mais eficiente com combustível (energia elétrica) relativamente barato foi relevante para o desenvolvimento da indústria naquela época.

Outro princípio que pode ser explorado é a equação de Faraday-Lenz, a corrente elétrica induzida por variação do fluxo magnético. Evidentemente outro conceito que é novo aos alunos e que pode ser explorado pelo professor explicando o funcionamento do alto-falante. Um objeto simples que todos conhecem fornece possibilidades para um ensino de eletromagnetismo baseado no real.

Durante a aula foi reproduzido o experimento de Faraday e apresentado aos alunos a contribuição de Lenz para a lei da indução. O experimento utilizado foi a utilização de uma bobina com várias voltas de enrolamento de fio de cobre esmaltado ligado a um multímetro. Movendo-se um ímã de ao longo da parte interna dessa bobina é possível verificar a indicação de diferença de potencial no multímetro.

Para demonstrar esta aplicação foi apresentado aos alunos o motor elétrico de corrente contínua. Este motor tem construção simples sendo composto pelos seguintes materiais: fio de cobre (deve ser fio esmaltado) pilha ou carregador de celular, pedaços de fio rígido ou clips de papel (grande) e um ímã. Um ímã permanente capaz de produzir um campo magnético intenso é o neodímio, encontrado no HD (*hard disc*) de computadores e pode ser utilizado na experiência.

### Atividade prática simulada: Lei de Faraday (aula 13)

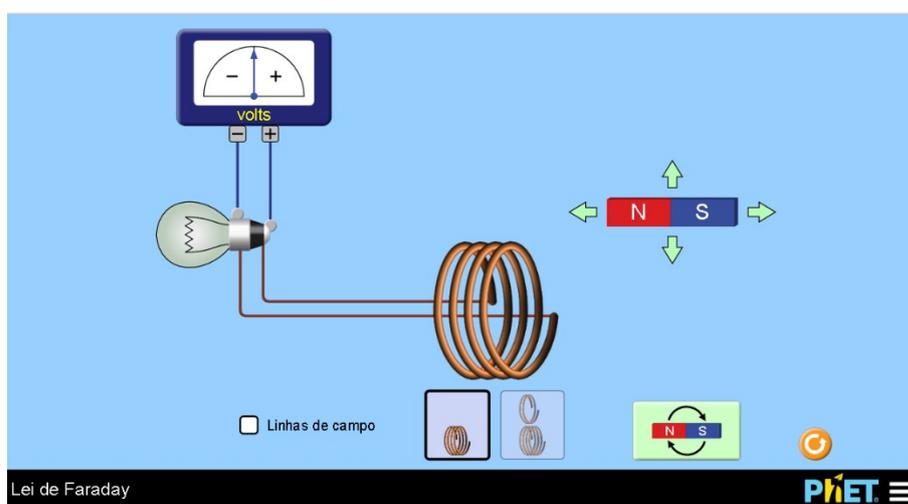


Figura 10: Simulação Lei de Faraday. Fonte: Phet Colorado.

A simulação “Lei de Faraday<sup>10</sup>” possibilita ao professor desenvolver uma atividade investigativa e de aplicação dos conhecimentos trabalhados na aula prática empírica. Nesta atividade não foi disponibilizado roteiro prático para os alunos, apenas questões para que fossem respondidas de acordo com a simulação. O que ocorre quando movemos o ímã próximo à bobina? Teste variações no número de voltas na bobina, distância e polaridade do ímã. Que conclusões você chegou? Faça uma síntese do experimento simulado.

A atividade coloca o aluno como peça central no processo de ensino-aprendizado, não há roteiro definido, apenas perguntas, embora de baixa complexidade na elaboração das respostas é uma oportunidade de testar as considerações decorrentes da aula prática sobre a Lei de Faraday-Lenz. O professor conduziu a formulação de conceitos, na observação durante a atividade verifica-se que os alunos compreendem a situação, mas apresentaram dificuldades para a síntese e elaboração escrita do que entenderam, surgindo afirmações: “eu entendi sobre a Lei de Faraday, mas tenho dificuldade em escrever”.

#### Construindo um motor elétrico de corrente contínua. (aula 14)

Construir um motor elétrico de corrente contínua.



Figura 11: Motor elétrico de corrente contínua. Disponível em <https://ramec.mec.gov.br>

Os materiais necessários são:

---

<sup>10</sup> Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/faradays-law](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/faradays-law)

- Dois pedaços de fio rígido de qualquer bitola ou 2 clips de papel, de preferência grandes.
- 2 metros de fio de bobina, tipo AWG. Este fio deve ser esmaltado, se muito fino não suporta o peso da espira e se muito grosso dificulta o giro.
- Um pedaço de ímã.
- Suporte com pilhas ou carregador de celular que esteja funcionando, porém fora de uso.

Enrole o fio de bobina em um tubo de pvc ou uma pilha grande para obter espiras semelhantes utilize de 10 a 20 voltas. Em seguida use as pontas dos fios para fazer um eixo que seja simétrico ao diâmetro. Lixe uma das pontas totalmente e a outra lixe apenas a metade do fio.

Faça um suporte com o fio rígido ou clip de papel conforme a figura 7. Agora falta apenas colocar o ímã abaixo de sua espira e verificar em qual posição ele provoca um leve movimento. É necessário começar o movimento ou com sopro sob a espira ou um leve toque com a mão para que o movimento contínuo ocorra.

Discutir como ocorre o movimento. A fonte alimenta a espira criando um campo magnético, como ocorre então o giro? Se invertermos os lados da espira o movimento de giro será o mesmo? E inverter a polaridade da fonte? E invertendo a polaridade do ímã? E o que diz a lei de Faraday-Lenz?

Após o estudo de temas de eletromagnetismo necessários para compreender o funcionamento do rádio de Galena e a produção do som pelo alto-falante surgem novas perguntas que necessitam de compreensão: de onde vem a corrente elétrica responsável pela alimentação do alto-falante? Como uma rádio (estação) transmite sua programação? O que são ondas eletromagnéticas?

#### Atividade prática simulada: “Ondas de rádio e campos eletromagnéticos” (aula 15)

A simulação do Phet “*Ondas de rádio e campos eletromagnéticos*<sup>11</sup>”, possibilita a visualização da geração da onda eletromagnética da estação de rádio e sua propagação no meio. É possível variar a amplitude e a frequência com que a estação emite o sinal em

---

<sup>11</sup>Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/radio-waves](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/radio-waves).

forma de onda eletromagnética e sua captação feita pela antena do rádio. Os conceitos que foram estudados como propagação de ondas eletromagnéticas no meio, frequência, comprimento de onda, amplitude, corrente elétrica pode ser explorada e os significados atribuídos pelos alunos verificados na simulação. Um evento simples como ouvir uma estação de rádio local pode ser vista pelos alunos como uma aplicação direta dos conhecimentos relacionados à Física e carregam uma quantidade significativa de conceitos, representam o resultado da ciência como construção humana movida pela necessidade e curiosidade de diversos cientistas.

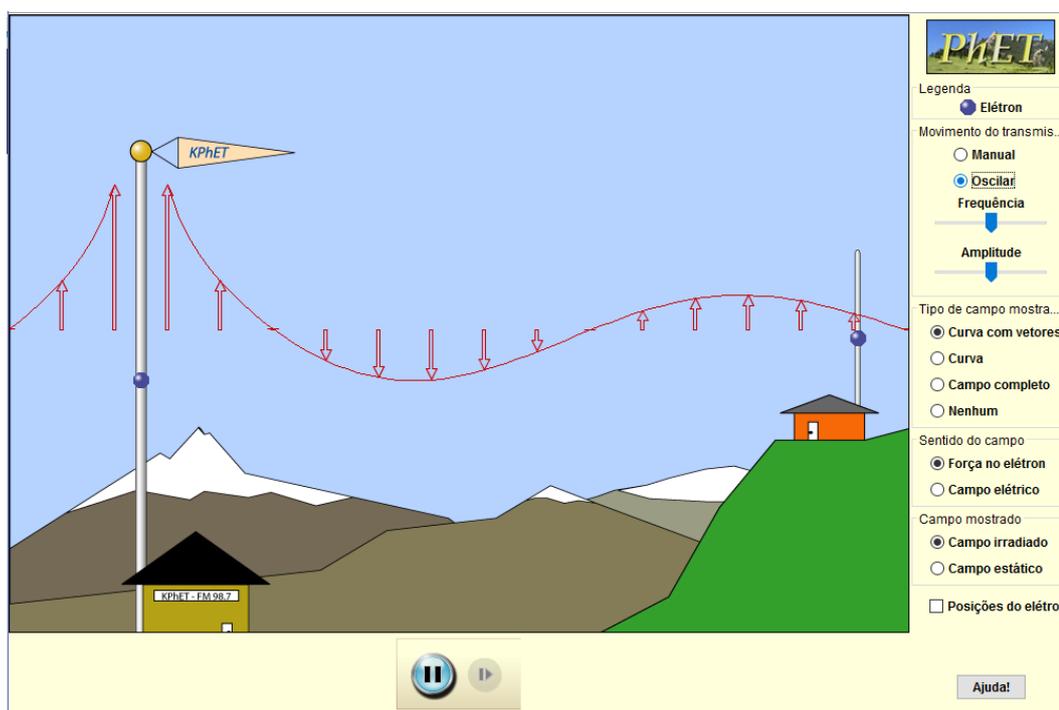


Figura 12: Simulação da propagação de uma onda de rádio.

Qual a diferença entre rádio AM e FM? Como forma de ampliar os conhecimentos e aplicações a sugestão é a leitura do material do GREF capítulo 32: *Rádio ouvintes*<sup>12</sup>. O material referente ao capítulo 32 do GREF apresenta um texto de fácil leitura e sugere a construção do rádio de Galena conforme desenvolvemos neste trabalho e apresenta conceitos sobre a blindagem eletrostática, tema que será abordado na próxima aula.

<sup>12</sup> Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro5.pdf>.

### Blindagem eletrostática e interferência de ondas eletromagnéticas (aula 16)

As ondas eletromagnéticas estão presentes no nosso dia-a-dia e permeiam todo o espaço. As características que possibilitam a diferenciação entre uma onda eletromagnética e ou outra são: a frequência e o comprimento de onda, sendo que a velocidade de propag. Para demonstrar a existência das ondas eletromagnéticas a aula prática sugerida se refere à blindagem eletrostática, utilizando um rádio pequeno alimentado a pilha e papel alumínio.

Ao sintonizar uma rádio FM ou AM o sinal em forma de onda eletromagnética é captado pela antena e o circuito faz o tratamento do sinal para tornar possível a audição do som. Deve ser utilizado o papel alumínio de maneira a envolver todo o rádio, porém com o cuidado de não manter o contato entre o papel e a antena. A opção de envolver uma caixa de papelão com o papel alumínio evita o contato entre a antena e o papel alumínio. O papel alumínio ou outra superfície metálica reflete as ondas eletromagnéticas evitando assim que elas sejam captadas pela antena do rádio. Este experimento é conhecido como blindagem eletromagnética e é um experimento simples de fácil acesso.

Nesta aula também será discutida a interferência de ondas eletromagnéticas simulando uma interferência utilizando o repetidor FM conectado a uma bateria de 12 V. O aparelho transmite mídias em arquivos contidos em memória digital em frequência FM definida pelo usuário.

No experimento os alunos podem sintonizar uma estação de rádio conhecida e utilizar o repetidor para transmitir a mídia contida em arquivo conectado no repetidor de modo a provocar a interferência entre as ondas. O rádio (aparelho) deve reproduzir com interferência a estação selecionada, ao distanciar o repetidor FM do rádio a interferência diminui até cessar. O repetidor utilizado é de baixa potência, sendo que a uma distância superior a 20 m a recepção pelo rádio é de baixa qualidade com a uma distância superior a 30 m não há sintonia no aparelho.



Figura 13: repetidor FM emitindo em 102,6 MHz e rádio (aparelho) sintonizado na frequência do repetidor.

Logo, fica evidente que cada estação de rádio nas cidades deve ter frequência distinta. O alcance de cada estação depende diretamente da potência de transmissão e é influenciada por aspectos geográficos do relevo. As questões que surgem decorrentes desta aula são: por que as antenas de emissoras de rádio e televisão geralmente são colocadas em locais de maior altitude? Quais os riscos que as estações “piratas” podem oferecer?

#### Retomada: o espectro eletromagnético (aula 17)

A sequência didática abordou ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas presentes na realidade dos alunos. Experiências e simulações foram utilizadas com a finalidade de propiciar aos aprendizes a vivência e apropriação de conceitos e seus significados. A questão de conhecer fórmulas e realizar cálculos não garante que de fato o conhecimento e os conceitos foram entendidos.

Nesta aula, o espectro eletromagnético e os diversos tipos de radiações constituem o foco principal da atividade. Os alunos refizeram a mesma atividade que realizaram na aula 5, em que deveriam dividir uma folha em duas partes e inserir as diversas ondas que fazem parte do dia-a-dia, classificando-as em ondas mecânicas ou ondas eletromagnéticas.

#### Produção de texto sobre o rádio de Galena e as ondas eletromagnéticas (aula 18)

Após o desenvolvimento da SD em 17 aulas, envolvendo problematizações, organização e aplicações/contextualização do conhecimento, os alunos foram solicitados a produzir um texto em forma de carta a um parente ou amigo relatando como foram as aulas de Física no 2º bimestre de 2017. A produção inicia-se em sala e pode ser finalizada em casa. A questão central é que o aluno apresente o máximo de informações relevantes sobre as atividades, como forma de estruturar e auxiliar o desenvolvimento da atividade, uma breve explanação da atividade que o aluno deve realizar e algumas palavras-chave para auxiliá-lo na organização do texto. A atividade encontra-se a seguir:

Prezado aluno, o objetivo desta atividade é redigir um texto sobre o tema ondas eletromagnéticas e o rádio de Galena. Para facilitar seu trabalho algumas palavras são sugeridas (não significa que seu texto deve conter todas as palavras a seguir) como forma de orientar seu texto. O texto pode ser na forma de carta (imagine que você está escrevendo a um amigo ou colega sobre nossas aulas). Coloque a maior quantidade de informação possível sobre os conceitos que estudamos durante o 2º bimestre. Não copie da internet sobre o que você estudou. Faça conforme sua compreensão sobre os diversos assuntos que estudamos. Confio na dedicação de vocês em mais uma atividade relacionada à pesquisa em desenvolvimento na escola. As palavras sugeridas são:

**Rádio de Galena, Propagação, frequência, comprimento de onda, interferência, ondas sonoras, ondas mecânicas, vibração, circuito, antena, velocidade de propagação, fase, rádio (aparelho), estação de rádio, sintonia, blindagem eletrostática, AM (amplitude modulada), vácuo, campo magnético, alto-falante, som, simulação, Lei de Faraday-Lenz, Experiência de Oersted, bússola, linhas de campo, limalha de ferro, telecomunicações.**

Questionário de opinião sobre o desenvolvimento das atividades relacionadas a SD (aula 19)

Na fase final e fechamento das atividades referentes à SD foi aplicado um questionário de opinião sobre as atividades que foram desenvolvidas e com a finalidade de averiguar a opinião e/ou o entendimento dos alunos sobre as aulas e o conteúdo trabalhado. As perguntas foram estruturadas de maneira a investigar as concepções dos alunos sobre o atual sistema de ensino e sobre a inserção de atividades experimentais empíricas e simuladas nas aulas do Ensino Médio. Outra questão que foi analisada é o modo como as

aulas anteriores eram estruturadas e qual a opinião dos alunos sobre aulas expositivas, tipo quadro e giz. O questionário aplicado encontra-se disponível no anexo 1.

## 5. DESENVOLVIMENTO DA SEQUÊNCIA DIDÁTICA NA ESCOLA

As atividades foram distribuídas para a execução em dois meses de aulas, correspondendo ao 2º bimestre, o que representa 19 aulas de 50 minutos. Para programar as ações foi elaborado um cronograma de atividades com a previsão de datas e atividades. O desenvolvimento contou com aulas práticas e experimentação com auxílio de simulador. O registro das atividades foi feito através de questionários e atividades solicitadas em cada evento realizado e durante as aulas a observação das questões apresentadas pelos alunos.

Neste capítulo serão descritas algumas aulas considerando um critério de observação, sem a análise de discurso. A finalidade é expor como foi o desenvolvimento de algumas atividades e a motivação dos alunos durante as aulas.

Por se tratar de uma turma de 3º ano, alguns alunos que não irão seguir os estudos demonstraram pouca ou nenhuma motivação para realizar as atividades das disciplinas, pois há uma cultura impregnada de que não há reprovações no último ano do ensino médio. O índice de reprovações, segundo a direção da escola, de fato é muito baixo.

Utilizando a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos foi explorada, na problematização inicial, a questão chave relativa ao tema: é possível ouvir um rádio que não tenha alimentação elétrica? Logo, a questão apresentada suscitou várias discussões sobre o rádio e necessidade de uma fonte de energia. Ao final da aula foi solicitado um texto que abordasse o assunto, resultado de uma pesquisa com parentes ou vizinhos sobre as formas de comunicações de antigamente.

Os alunos tiveram uma semana para investigar a questão com as pessoas mais antigas da comunidade. A sugestão de fazer as entrevistas com as pessoas idosas tem a intenção de valorizar as experiências e a história local sobre o desenvolvimento em relação à comunicação, as dificuldades enfrentadas por seus antepassados e que hoje não fazem parte da realidade vivida pelo aluno.

A contribuição da entrevista e do levantamento de dados pelos alunos foi considerável, pois em relação à ciência ficou evidente o pouco ou nenhum conhecimento de como essas tecnologias modernas de comunicação funcionam e como se

transformaram. Diante da questão histórica, os alunos tiveram acesso mesmo que muito superficial sobre as dificuldades sofridas por antepassados em situações que hoje, no mundo altamente conectado, parecem nunca terem existido. A partir das situações vivenciadas foi possível tomar consciência de que a atualidade é razoavelmente confortável e que as tecnologias são acessíveis até mesmo às classes menos favorecidas.

No desenvolvimento da atividade o rádio de Galena foi apresentado aos alunos, seu funcionamento em São João da Serra Negra, distrito de Patrocínio, mas a sintonia de uma rádio AM ficou comprometida devido à distância superior a 20 km da antena da estação, sendo captados pelo circuito apenas alguns ruídos de interferência de outras ondas. Mesmo utilizando uma antena de 70 metros de comprimento e duas hastes para aterramento a potência da onda emitida pela estação de rádio não foi suficiente para alimentar o circuito para que o funcionamento ocorresse com boa qualidade sonora.

O rádio foi testado em Patos de Minas e a sintonia foi bem-sucedida com três estações locais, o que foi gravado e apresentado para os alunos. A antena utilizada era composta por fio de telefone e alcançava os 12 metros de comprimento. O aterramento utilizado foi o sistema de aterramento do prédio no qual se encontra a faculdade FINOM, no centro de Patos de Minas. Questões foram levantadas pelos alunos: “como um aparelho tão simples consegue sintonizar uma estação de rádio?”. Alguns conceitos básicos que os alunos não dominam como ondas, frequência, comprimento de onda precisam ter significação para que a aprendizagem ocorra de modo a compor uma base mínima para o entendimento do processo como um todo.

Na atividade experimental proposta para conceitualizar ondas, inicialmente no estudo de ondas mecânicas, como o som, o recurso utilizado foi o sistema massa-mola. Foi apresentada aos alunos a definição de movimento harmônico simples e que este é o mesmo comportamento das ondas do mar, do movimento pendular e da propagação da onda sonora no meio. Acredita-se que apenas explicar oralmente o que é frequência, período e oscilação constitui-se em metodologia expositiva tradicional e que tem se mostrado pouco eficiente para situações que nem todos os alunos vivenciam em seu dia-a-dia.

A experimentação foi o recurso adotado para inserir a construção desses conceitos a partir de medidas, observações e interações entre os alunos. Embora houvesse um roteiro descrevendo as atividades que deveriam ser desempenhadas pelos estudantes foi

observada insegurança em saber o que deveria ser feito, se o resultado encontrado era satisfatório. A passividade nas aulas condiciona o aluno a ser dependente do professor, como embasamento de suas escolhas e opiniões.

Na sequência foi indicada a leitura “Que tal um pouco de som” (GREF, 1992) com adaptações quanto às questões solicitadas aos alunos. O texto aborda questões sobre o som, velocidade de propagação em diferentes meios e a equação que relaciona a velocidade com o comprimento de onda e frequência. O texto tem linguagem adequada aos alunos e traz informações relacionadas ao seu cotidiano, sendo este um diferencial do material, estabelecer interfaces entre o conhecimento científico e a realidade dos estudantes.

Para aplicação/contextualização dos conhecimentos a atividade desenvolvida foi a simulação da propagação do som utilizando o simulador *Phet Colorado*, com o objetivo de explorar os fenômenos ondulatórios e acústicos. Com o recurso da simulação os alunos puderam experimentar como ocorrem as variações de amplitude, frequência e suas relações com a velocidade de propagação. A relação entre o comprimento de onda, frequência e velocidade de uma onda pode ser testada e conhecendo a velocidade de propagação, como da onda eletromagnética, o aluno pode calcular o comprimento da onda conhecendo a frequência.

Na atividade experimental simulada é possível testar a propagação do som em uma fonte sonora dentro de uma caixa. Reduzindo a pressão interna até a condição de vácuo o aluno pode visualizar a redução da propagação da onda sonora até que não ocorre mais a propagação do som. Essa atividade explora o fato de que a propagação do som depende do meio em que a fonte sonora se propaga e que o som não se propaga no vácuo.

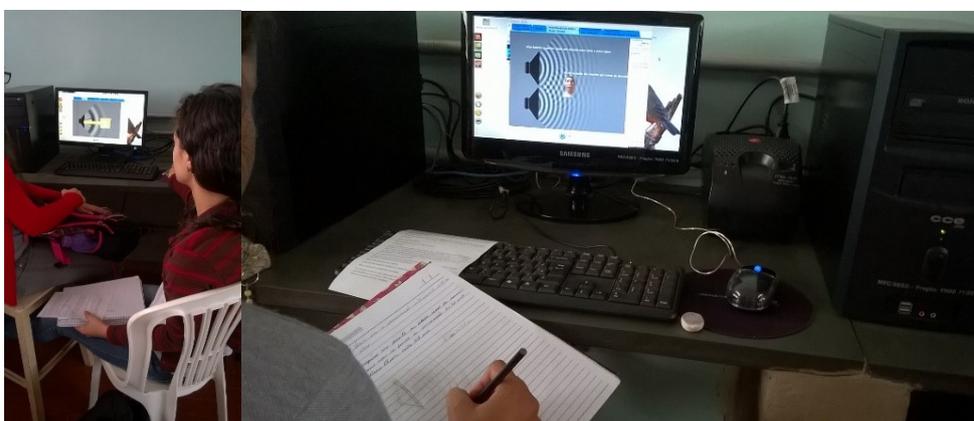


Imagem 14: alunos durante atividade prática de simulação. Fonte: próprio autor.

Com a finalidade de auxiliar os alunos na atividade de simulação foram propostas questões que deveriam ser respondidas durante a experimentação no computador. O laboratório de informática conta com 25 computadores, sendo que 20 deles estavam funcionando normalmente e conectados à internet banda larga (10 MB). Existe um preconceito em não utilizar os computadores disponibilizados pela escola porque o sistema operacional utilizado é o *Linux Ubuntu*<sup>13</sup>.

O recurso necessário para utilizar a simulação é o Java, plataforma computacional que executa as simulações. Assim, o sistema operacional pouco importa para o sucesso ou não do uso das simulações disponível no site *Phet Colorado*. Os alunos demonstraram grande interesse na atividade e fizeram as questões solicitadas, desenhos, perguntas e afirmaram que durante todos os anos anteriores nunca utilizaram o recurso de simulação como a atividade prática. Também ocorreram relatos que o laboratório de informática fica disponível e que a maioria dos professores prefere não o utilizar, com receio de que ocorram defeitos ou que os alunos façam mau uso das máquinas.

As questões propostas aos alunos exploravam termos específicos, como período, comprimento de onda e amplitude de uma onda, remetendo aos conceitos discutidos e apresentados na aula prática de ondas mecânicas. Porém, a aplicação de conceitos na acústica e suas implicações nas ondas sonoras e no padrão de propagação dessas ondas é que constitui o foco do ensino-aprendizagem dessa etapa.

A amplitude e sua relação com a potência de uma onda é discutida nas atividades de simulação, podendo o aluno verificar que a amplitude maior implica uma movimentação maior na fonte sonora (alto-falante) e que os valores de frequência e comprimento de onda independem da amplitude. Logo, amplitude é relacionada à potência da onda sonora. Com o recurso do simulador os alunos podem verificar que à medida que a onda se distancia da fonte a amplitude diminui. A opção por trabalhar a propagação do som utilizando o simulador é a possibilidade de que o aluno possa explorar a propagação de uma onda e suas variações, interferência e reflexão, o que não é possível ver utilizando uma aula prática.

---

<sup>13</sup> Sistema operacional.

Na aula posterior à da simulação, retomando as atividades de experimentação, o tema abordado foi o funcionamento de um alto-falante: como ele produz a onda sonora que chega até os nossos ouvidos? Qual é sua fonte de alimentação e como ocorre o movimento visível do alto-falante? Essas foram as perguntas que abriram a aula, questionamentos que os alunos buscavam responder, porém não foi identificada nenhuma resposta plausível com fundamentação científica, sendo apenas suposições sem embasamento.

Os alunos pesquisados relataram que os assuntos referentes aos conteúdos de ondulatória e acústica não foram abordados no 2º ano do ensino médio. Assim, os recursos que dispunham não eram suficientes para compreender o funcionamento do alto-falante, mesmo este sendo um equipamento comum no dia a dia de todos eles.

Para instigar a curiosidade dos alunos e promover a motivação foram distribuídos quatro alto-falantes de diferentes tamanhos entre os grupos, pilhas, pedaços de fios e um multímetro digital (pré-ajustado para medir a diferença de potencial em circuito de corrente contínua) para medir a diferença de potencial das pilhas. Ao ligar a pilha aos terminais dos alto-falantes o resultado foi um ruído e a movimentação visível do cone do mesmo. Se a ligação é mantida não ocorrem novos movimentos no alto-falante, porém se forem realizados contatos/interrupções sucessivas o alto-falante responde com ruídos e movimentação do cone interno. Para que o aluno compreenda o que ocorre é necessário que os conceitos de corrente contínua e alternada sejam introduzidos, uma vez que as variações de corrente provocaram resultados visíveis nesse tipo de instrumento.

A onda sonora para se propagar depende de um meio, e o alto-falante, para produzir essa onda, depende de energia elétrica. Mas como a energia se transforma em som? Desmontando o alto-falante para investigar quais são os materiais que o compõe surgem perguntas sobre qual função de cada componente para que ocorra a produção do som. Os alunos conseguiram, através da manipulação dos objetos e observações, constatar que o ruído era maior se fossem colocadas duas pilhas em série. Utilizando o multímetro verificaram a diferença de potencial de 2,9 V. Ao inverter os polos das pilhas conectados aos alto-falantes não alteravam seu funcionamento, logo o sentido da corrente elétrica não interfere, porém, a diferença de potencial tem relação direta com o ruído gerado.



Imagem 15: alunos na aula prática, desmontando o alto-falante

Diante da busca pela compreensão do funcionamento do alto-falante, a questão que despertou grande interesse dos alunos foi: como ocorre a transformação da energia elétrica em movimento e, conseqüentemente, no som? Esta questão finalizou a aula e motivou a necessidade pelo conhecimento. As aulas seguintes foram planejadas para apresentar leis e conceitos da Física considerados necessários para o entendimento.

A experiência de Oersted, comum na introdução de conceitos referentes ao eletromagnetismo, que ocorre com certa frequência no capítulo de introdução do eletromagnetismo com figuras representando como a experiência é realizada, foi reproduzida durante a aula. Na atividade experimental foi colocado um fio de telefone amarrado no arame de dois cadernos e logo abaixo do fio esticado foi colocada uma bússola. Questionados sobre o que iria acontecer se os fios fossem conectados a uma pilha, os alunos não conseguiram realizar previsões sobre o experimento.

Os conceitos, como diferença de potencial e corrente elétrica, surgiram após orientações do professor e direcionamento das perguntas, porém a interação eletricidade e magnetismo não foi evidenciada no discurso dos alunos.



Imagem 16: alunos durante a atividade prática, experiência de Oersted. Fonte: próprio autor.



Imagem 17: alunos durante a atividade prática, experiência de Oersted. Fonte: próprio autor.

A atividade prática explorou a curiosidade dos alunos e possibilitou ao professor conduzir as discussões entre os alunos. Questões como: se invertermos os terminais ligados ao fio muda o sentido indicado pela bússola? Se utilizarmos apenas uma pilha a interferência que o fio provoca na bússola é alterada? Foi possível verificar experimentalmente que a corrente elétrica estabelecida em um condutor elétrico gera campo eletromagnético e que a intensidade desse campo depende diretamente da corrente elétrica.

Como apenas a experiência de Oersted não possibilita uma correta compreensão do funcionamento do alto-falante, a atividade explorada a seguir foi a Lei de Faraday-Lenz. Possivelmente, apenas enunciá-la aos alunos como lei da indução eletromagnética

constitui em mera apresentação de fórmulas e conceitos que fazem pouco ou nenhum significado aos mesmos.

Assim, a atividade foi direcionada para a questão da necessidade do conhecimento acerca do como entender a Física envolvida na produção e propagação do som. Os conteúdos são os referentes ao eletromagnetismo, que fazem parte do currículo do ensino médio no 3º ano, sendo pertinente sua abordagem.

Durante as aulas foram feitos enrolamentos de fios de bobina (fio esmaltado, AWG 28) e fio de telefone. A espira foi conectada ao multímetro digital para verificar que a movimentação do imã (utilizado imã de neodímio) produz corrente elétrica. Os alunos experimentaram vários pedaços de imãs de alto-falantes, imã de neodímio e variaram o número de voltas nos enrolamentos que construíram. Experimentalmente concluíram que a variação do fluxo magnético gerado pelo imã de neodímio, associado ao enrolamento com o maior número de voltas, apresentava a maior indicação de corrente elétrica no multímetro.

Os conceitos representativos são necessários para entendimento amplo e conectado. Questionados sobre como ocorria o movimento do alto-falante e a produção do som os alunos fizeram a correta ligação entre os conceitos estudados e o fenômeno observado. Com auxílio do professor, identificaram que a base do alto-falante é formada por um imã permanente e que existe uma pequena bobina na base do cone móvel.

Recorrendo aos conceitos trabalhados foi possível o entendimento de como ocorre o movimento, sendo identificadas, durante a aula, hipóteses formuladas pelos alunos afirmando que a variação da corrente elétrica na espira produz campo magnético que interage com o campo magnético formado pelo imã permanente.

A aula prática sobre a propagação de ondas eletromagnéticas, disponível no *Phet Colorado*, “*Ondas de rádio e campos eletromagnéticos*”, apresenta novos conceitos e o fenômeno da transmissão da informação através de ondas eletromagnéticas. A estação de rádio emite uma onda eletromagnética através de uma antena e o sinal é captado pela antena de um rádio em uma casa a certa distância.

A representação didática de um elétron que oscila na antena gerando corrente elétrica forma uma corrente oscilante que será sintonizada quando o circuito do rádio

doméstico estiver em ressonância com uma determinada onda captada. A sintonia foi abordada em diversas questões propostas na atividade final, sendo questões conceituais.

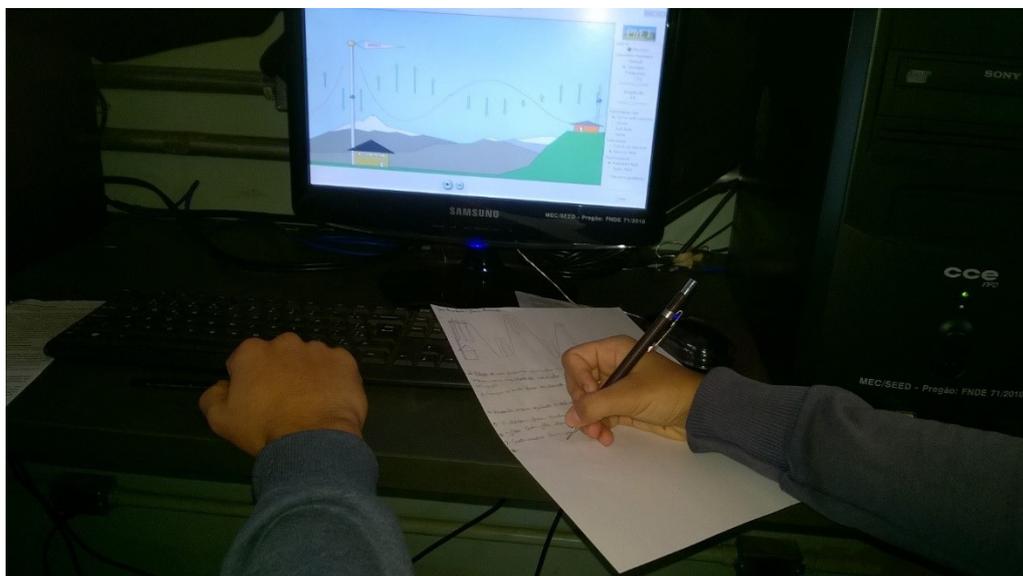


Imagem 18: Desenvolvimento da atividade prática simulada. Fonte: próprio autor.

O termo ressonância não é amplamente conhecido pelos alunos, para que pudessem desenvolver as atividades com entendimento e significação dos termos utilizados, foi solicitado aos mesmos pesquisarem em fontes diversas qual seu significado e aplicação. Os conceitos de campo elétrico, força elétrica e carga elétrica estudados no início do bimestre foram reforçados e no simulador o aluno poderia variar a indicação do campo elétrico e força elétrica atuando no elétron na antena. À medida que a onda eletromagnética se distancia da fonte a amplitude diminui visivelmente o que sugere que a potência da fonte (amplitude) tem ligação direta com o alcance da estação de rádio.

Na turma pesquisada há uma aluna que é locutora da rádio comunitária, o que motivou discussões sobre a questão da potência de uma estação de rádio e o alcance. Como se trata de uma rádio comunitária a potência é limitada, com a recepção restrita a apenas uma parte do município.

Como atividade final da sequência didática aplicada na turma de 3º ano do ensino médio de 2016, foi realizada uma visita à rádio comunitária Serra Negra FM, localizada a 500 metros da escola Estadual Odilon Behrens em São João da Serra Negra, distrito de Patrocínio. Na oportunidade os alunos puderam verificar qual a aparelhagem utilizada na

estação de rádio. A antena da rádio Serra Negra FM é relativamente pequena pois a potência da estação comunitária é de 20 kW.

Estações de rádio que têm alta potência instalam a antena em locais de maior altitude e próximo à cidade. Esse fato foi questionado pelos alunos, pois a antena da rádio visitada é instalada junto às instalações da própria emissora. O circuito construído no início da sequência é simples e não capta a modulação FM, que é mais complexa e exigiria um circuito mais elaborado.

Durante as atividades práticas empíricas e simuladas foi verificada grande insegurança e baixa habilidade em manipular os objetos. Ocorreu que vários alunos buscavam confirmação do professor diante as ações realizadas. Tal fato pode ser relacionado a um histórico de aulas exclusivamente expositivas em que o professor é a peça central e os alunos são apenas receptores do conhecimento consolidado. A metodologia empregada durante anos de que o aluno deve assimilar conceitos e que sua opinião pouco contribui para seu processo de formação favorece a passividade e dependência do professor, algo que os próprios professores reclamam constantemente. Como ter um aluno ativo se ele foi treinado durante anos a ser passivo?



Figura 19: Visita à rádio comunitária Serra Negra FM. Fonte: próprio autor

Como atividade final na aplicação em 2017 os alunos produziram um texto de forma a integrar o máximo de termos utilizados nas aulas desenvolvidas na SD, sendo a produção utilizada como material para a posterior análise.

Os conceitos sobre ondas foram abordados de forma prática com atividades experimentais e simulações. A organização priorizou a autonomia do aluno e o professor assumiu o papel de mediador, orientador das atividades e discussões. Verificou-se que o conjunto de atividade e a sequência dos conteúdos possibilitou aos alunos a construção de conceitos significativos necessários para a compreensão de um todo. Conceitos que designados como simples, como frequência, amplitude e comprimento de onda podem não fazer significado ao aluno, necessitando de significação que pode ser alcançada através da experimentação.

Após a conclusão das atividades foi aplicado um questionário aos alunos para que tivessem a oportunidade de expressar sua opinião sobre a sequência desenvolvida e sugestões para melhorias ou correções. As respostas obtidas indicam como ponto principal a motivação durante as aulas e a possibilidade de experimentar, testar, manipular os objetos. Vários dos alunos que tinham evidentes dificuldades de expressão e aprendizagem em Física, acabaram participando ativamente das atividades propostas e melhoraram em seus conhecimentos e expressões.

## **6. DECORRÊNCIAS DO DESENVOLVIMENTO DA SD NA ESCOLA**

As observações e registros referentes ao desenvolvimento da sequência didática na escola podem ser divididos em resultados qualitativos e quantitativos, de maneira a compor uma visão geral sobre os avanços alcançados com as atividades diversificadas de ensino-aprendizagem.

As interações entre os alunos e professor/pesquisador também foram consideradas relevantes para o desenvolvimento da atividade de pesquisa. Os registros, dados e falas que compõem os resultados são referentes ao segundo bimestre de 2016 e de 2017, na turma de 3º ano do Ensino Médio.

### **6.1 Aspectos qualitativos e categorias de análise**

Conforme descrito na metodologia de pesquisa, consideramos para análise das produções dos alunos e das observações do professor/pesquisador as categorias: significação conceitual; atividades em grupo e interações; contextualização do conhecimento e abordagem teórico-experimental. Buscamos avaliar qualitativamente a apropriação de significados e conceitos significativos, considerando as interações decorrentes das atividades desenvolvidas em colaboração. Embora consideremos quatro categorias de análise, estas estão interligadas e compõem aspectos que remetem ao desenvolvimento cognitivo do aprendiz.

#### **6.1.1 Significação conceitual**

A apropriação de significados dos conceitos e de termos científicos é evidenciada pela articulação, emprego correto destes termos em frases ou texto que os alunos produzem. Quando a palavra passa ter significado ela é empregada porque remete a um sentido (signo) ou expressa uma ideia.

Como outrora apresentado, desenvolvimento e aprendizagem tem relações diretas, porém são distintos no processo ensino-aprendizagem. Buscamos desenvolver um ensino que resulte em aprendizado de conceitos significativos.

Conforme Vygotsky (1998a):

Um segundo aspecto essencial de nossa hipótese é a noção de que, embora o aprendizado esteja diretamente relacionado ao curso do desenvolvimento da criança, os dois nunca são realizados em igual medida ou em paralelo. O desenvolvimento nas crianças nunca acompanha o aprendizado escolar da mesma maneira como uma sombra acompanha o objeto que o projeta. (VYGOTSKY, 1998a, p. 119)

Consideramos que a aprendizagem que leva ao desenvolvimento produz significados, os conceitos significativos. Os estudos em ciências, especificamente a física, necessitam de significação, esses conceitos formam a base para o entendimento amplo da ciência, de suas aplicações e a articulação do conhecimento.

A formação dos conceitos é parte fundamental na significação conceitual, a internalização do significado da palavra ou ao conjunto de significados atribuídos a palavra remetem a aprendizagem significativa.

Para Vygotsky (1998b):

A formação dos conceitos é o resultado de uma atividade complexa, em que quase todas as funções intelectuais básicas tomam parte. No entanto, o processo não pode ser reduzido à associação, à atenção, à formação de imagens, à interferência ou às tendências determinantes. Todas são indispensáveis, porém insuficientes sem o uso do signo, ou palavra, como meio pelo qual conduzimos as nossas operações mentais, controlamos o seu curso e as canalizamos em direção à solução do problema que enfrentamos. (VYGOTSKY, 1998b, p.72)

Dentre as diversas produções dos alunos<sup>14</sup> algumas evidenciam a significação conceitual:

*Outro assunto interessante é a frequência. Aprendi que, a frequência é um jeito para que as ondas de rádio não se embaralhem e quando sintonizamos o rádio preparamos o circuito para uma frequência específica. (A1)*

*Em uma estação de rádio, quando o locutor fala, sua voz é uma onda mecânica, que é captada e transformada pelo microfone em onda eletromagnética. Essas ondas eletromagnéticas são transmitidas pela antena para o ar onde podem percorrer longas distâncias. O rádio capta essas ondas eletromagnéticas, são captadas pela antena do aparelho do rádio. O mesmo deve estar sintonizado para que isso ocorra, o seu circuito deve vibrar na mesma frequência das ondas da estação de rádio. (A2)*

---

<sup>14</sup> Os alunos serão identificados seguindo o padrão A1, A2, A3, ... An.

*Por meio da frequência e da amplitude, porque se uma onda tiver maior amplitude e uma com menor, a maior se sobrepõe sobre a menor, e se a onda tiver a frequência parecida a gente escuta as duas rádios misturadas. (A5)*

Os conceitos, quando remetem a um significado para o aluno, tornam-se parte dos recursos para explicar e compreender os fenômenos. As descrições ou explicações apresentadas expõem a significação conceitual que os alunos consolidaram. Considerando que essa significação pode ser, em um momento inicial, superficial e em fase de consolidação.

No trecho acima, em que o aluno A1 apresenta uma noção sobre as ondas eletromagnéticas, que estas se distinguem pela frequência sendo uma característica específica, porém não evidencia o entendimento do que é a frequência de uma onda. O conceito frequência apresenta um significado que remete à aplicação prática do mesmo.

O aluno A2 articula os termos, onda eletromagnética e onda mecânica, de modo que demonstra compreender suas distinções e emprega esse conhecimento para construir a explanação sobre o funcionamento do rádio. Inicia com a transformação da onda sonora em onda eletromagnética e sua propagação no meio até captação da onda eletromagnética pelo aparelho de rádio.

A interferência na propagação de ondas, descrita no trecho do aluno A5, apresenta a relação entre a amplitude de onda e frequência como fatores determinam a interferência em uma onda de rádio. A frequência é entendida pelo aluno como característica específica de uma onda, a amplitude é relacionada à potência dessa onda. As considerações formuladas pelo aluno A5 apresentam correta significação dos conceitos e a aplicação na situação real como forma de descrever e compreender o mundo que nos cerca.

*Quando cai um raio, o raio possui muita carga elétrica, se a carga elétrica for muito grande, ela possui campo elétrico muito grande, esse campo elétrico atrapalha as ondas de rádio. (A2)*

No estudo do eletromagnetismo, especificamente na eletrostática, o professor procura apresentar a relação e a interdependência entre campo-carga-força. O aluno A2 demonstra conhecer que o raio está diretamente relacionado a uma grande quantidade de carga elétrica, apresenta indícios do entendimento da relação carga elétrica e campo elétrico, ao afirmar que a relação da quantidade de carga elétrica é proporcional a

intensidade do campo elétrico. Neste mesmo trecho o aluno A2 atribui a inferência da onda eletromagnética ao campo elétrico.

O emprego dos conceitos significativos propicia a formulação do entendimento do processo, pois estes remetem a um significado específico que foi construído através das diversas atividades desenvolvidas na SD. Conforme defendemos, alinhado à teoria de Vygotsky (1998a), em que os conceitos significativos precisam ser formados, construídos, as atividades práticas, simulações, leituras e debates propiciaram a significação conceitual. Logo atividades escolares propiciam o desenvolvimento de conceitos científicos, conforme Vygotsky (1998b):

Os anos escolares são, no todo, o período ótimo para o aprendizado de operações que exigem consciência e controle deliberado; o aprendizado dessas operações favorece enormemente o desenvolvimento das funções psicológicas superiores enquanto ainda estão em fase de amadurecimento. Isso se aplica também ao desenvolvimento dos conceitos científicos que o aprendizado escolar apresenta à criança (Vygotsky, 1998b, p.131)

Conforme Martins (1997), que apresenta considerações sobre a formação dos conceitos alinhadas à teoria de Vygotsky.

Quando, por exemplo, a criança passa a usar um conceito que aprendeu no social, só vai ampliar a sua compreensão quando o internalizar e puder pensar sobre ele. O conceito de mãe pode-nos ajudar a entender, pois evolui da mãe pessoal de cada um para o conceito mais amplo de Mãe. VYGOTSKY salienta que as possibilidades que o ambiente proporciona ao indivíduo são fundamentais para que este se constitua como sujeito lúcido e consciente, capaz, por sua vez, de alterar as circunstâncias em que vive. Nesta medida, o acesso a instrumentos físicos ou simbólicos desenvolvidos em gerações precedentes é fundamental. (MARTINS, 1997, p. 114)

### **6.1.2 Atividades em grupo e interações**

Nas atividades desenvolvidas em colaboração, sejam em grupos ou duplas, alguns alunos se destacam com maior interesse e melhor compreensão, seja por aptidão às atividades práticas ou pelo gosto por Ciências Naturais. Durante as observações em aula pelo professor/pesquisador fica evidente que os alunos que apresentam melhor desenvoltura auxiliam os demais, discutem e buscam explicar os conceitos de uma maneira própria dos adolescentes. Ocorre que tais alunos fazem mais perguntas ao professor tentando mediar o conhecimento para o grupo envolvido na atividade.

Algumas falas dos alunos evidenciam o desenvolvimento das atividades realizadas em grupos e os resultados ou percepções construídas no coletivo. As elaborações produzidas pelos alunos em grupos superam as produções individuais, seja na organização dos textos ou frase, seja na qualidade técnica do conteúdo.

*Aprendemos que com um alto-falante ainda pode sair pequenos sons e movimentos, aprendemos que se encontra dentro do alto-falante o ímã, campo magnético onde pode atrair e também repelir. Moldura, cone (diafragma) e enrolamento de fio (bobina) etc. E também usando fios de telefone e uma pilha fazia com que o alto-falante se movimentava e também pequenos barulhos. (grupo)*

As relações decorrentes das atividades em grupos são promotoras de diversas interações sociais, as quais, na perspectiva sócio-histórica, “permitem pensar um ser humano em constante construção e transformação que, mediante as interações sociais, conquista e confere novos significados e olhares para a vida em sociedade e os acordos grupais.” (MARTINS, 1997, p. 116).

A produção em grupo apresenta uma elaboração mais técnica e na organização das ideias, a estruturação é superior às elaborações individuais. Considerando que são alunos de ensino médio que tiveram o primeiro contato com o eletromagnetismo, a descrição feita pelo grupo sobre o funcionamento do alto-falante apresenta o emprego de diversos termos específicos.

*Eu gostei bastante, acho que com aulas práticas e em grupos nós alunos tem mais interesse na matéria. Trabalhar em grupo pra mim é melhor pois um ajuda no que o outro tem dificuldade o outro faz a mesma coisa assim fica um trabalho melhor e a gente aprende mais um com o outro além do que o professor explicava. (A6)*

*As aulas do professor de física foram muito bem preparadas e produtivas principalmente as atividades em grupo onde que cada um dava uma opinião, e com a explicação do professor com as aulas práticas conseguimos entender melhor. As atividades em grupos são mais produtivas pelo fato de cada pessoa ter uma ideia diferente e com essa junção de ideias podemos agilizar e melhorar cada vez mais o trabalho. (A5)*

*Foi muito bom, pois as atividades em grupo tira um pouco das aulas do cotidiano, faz aulas diferentes, é bem legal. Eu considero que é melhor trabalhar em grupo pois você ouve e discute várias ideias diferentes de seus colegas, abrange mais informações e também o conhecimento. Isso é muito vantajoso tanto para o aluno, que fica mais por dentro de novas*

*ideias, tanto para o professor, que vê melhor suas aulas fluindo melhor.*  
(A3)

Nas atividades práticas, simuladas ou empíricas, que ocorreram durante o desenvolvimento da SD o ambiente em sala de aula priorizava o debate, apenas na aula 11 ocorreu a retomada de conceitos utilizando quadro e giz. As demais aulas romperam significativamente com a concepção tradicional do professor como centro do processo educativo. Consideramos que as atividades práticas motivam a participação e possibilitam aos alunos o debate, a manipulação de objetos e a formulação de hipóteses com a finalidade de solucionar a questão proposta pela atividade. Segundo Martins (1997),

Quando imaginamos uma sala de aula em um processo interativo, estamos acreditando que todos terão possibilidade de falar, levantar suas hipóteses e, nas negociações, chegar a conclusões que ajudem o aluno a se perceber parte de um processo dinâmico de construção. Não nos estamos referindo a uma sala de aula onde cada um faz o que quer, mas onde o professor seja o articulador dos conhecimentos e todos se tornem parceiros de uma grande construção, pois ao valorizarmos as parcerias estamos mobilizando a classe para pensar conjuntamente e não para esperar que uma única pessoa tenha todas as respostas para tudo. (MARTINS, 1997, p. 118)

Em Vygotsky (1998a, p. 112) vemos que o auxílio dos mais capazes propicia a aprendizagem dos alunos que apresentam maior dificuldade, o que está em acordo com a Zona de Desenvolvimento Proximal. Esta compreende o distanciamento entre o “nível de desenvolvimento real”, em geral determinado “através da solução independente de problemas, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da solução de problemas sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes.”

Ainda, de acordo com Vygotsky (1998a),

um aspecto essencial do aprendizado é o fato de ele criar a zona de desenvolvimento proximal; ou seja, o aprendizado desperta vários processos internos de desenvolvimento, que são capazes de operar somente quando a criança interage com pessoas em seu ambiente e quando em cooperação com seus companheiros. Uma vez internalizados, esses processos tornam-se parte das aquisições do desenvolvimento independente da criança. (VYGOTSKY, 1998a, p. 117).

As atividades que foram desenvolvidas em grupos propiciaram as interações entre os alunos. Dentre as considerações apresentadas pelos alunos, verificamos que há a valorização destas atividades e que eles próprios consideram que aprendem mais com as

diversidades de ideias. Considerando as falas dos alunos A6, A5 e A3 fica evidente que as interações favoreceram o aprendizado através da dialogicidade<sup>15</sup>.

O diálogo entre os alunos e professor, quando o professor está consciente do seu papel de mediador, conduz ao desenvolvimento à medida que há a busca de entendimentos. Nesse viés, as atividades em grupos propiciam a educação construída pelos entes participantes do processo educativo. Conforme Freire (1991):

A educação autêntica, repitamos, não se faz de “A” para “B” ou de “A” sobre “B”, mas de “A” com “B”, mediatizados pelo mundo. Mundo que impressiona e desafia a uns e a outros, originando visões ou pontos de vista sobre ele. Visões impregnadas de anseios, de dúvidas, de esperanças ou desesperanças que implicam temas significativos, à base dos quais se constituirá o conteúdo programático da educação. (Freire, 1991, p. 48).

As hipóteses formuladas pelos alunos, durante as atividades experimentais e os conhecimentos prévios que eles detêm, podem divergir consideravelmente. É necessário um consenso, uma formulação do grupo e nesta situação o diálogo propicia o desenvolvimento. O confronto de ideias e percepções distintas são favoráveis, cabe ao professor fazer a medição e conduzir o diálogo. Os trechos citados evidenciam que os próprios alunos valorizam as atividades em que há o debate de ideias por diversificarem as aulas.

*Eu aprendi muitas coisas sobre magnetismo, mais o que mais gostei foi o que eu e meus colegas descobrimos que dois ímãs podem criar uma força de repulsão, levando um deles a levitar. (A6)*

Considerando a segunda fala do aluno A6, que apresenta o resultado do coletivo, indica a conclusão que obtiveram através de uma atividade prática em grupo. Nesta aula os alunos manipularam diversos ímãs que foram retirados de alto-falantes. A formulação hipóteses, sobre a levitação magnética, promoveu o diálogo entre eles e a manipulação dos objetos propiciou a experimentação para testar as hipóteses, visto que essa temática não havia sido discutida em aula. A dialogicidade propicia o ensino por investigação, este é promovido pela atividade prática.

---

<sup>15</sup> A dialogicidade, segundo Freire (1991), é a essência da educação como prática libertadora.

### 6.1.3 Contextualização do conhecimento

O conhecimento apreendido pelo aluno em ambiente escolar deve fazer parte de sua vida e ao mesmo tempo servir como ferramenta para auxiliá-lo em seu dia-a-dia. Os documentos normativos da educação, suas diversas edições, e atualmente a BNCC<sup>16</sup> (Base Nacional Comum Curricular), estabelecem que o ensino deve preconizar os conteúdos que tenham relação com o cotidiano.

No desenvolvimento das diversas atividades práticas propostas na SD foram evidenciados momentos em que a contextualização do conhecimento é propiciada pela atividade diversificada. Ocorreram conexões com assuntos já abordados, de forma a relacionar conhecimentos prévios dos alunos, buscando explicar fenômenos físicos, que com o tratamento matemático tradicional e a aula exclusivamente expositiva seria improvável sua compreensão.

A seguir alguns trechos de produções dos alunos.

*Eu achei muito interessante saber que a onda que tem maior potência, ela predomina sobre a transmissão mais fraca. (A4)*

*Se passarmos um ímã de maior força, acontece que a fita tem um código que fica apontando um norte e um sul, se passarmos o ímã ficam tudo do mesmo, por exemplo, norte, você irá perder o código da fita. (A7)*

*Por exemplo, temos o rádio de Galena que funciona sem uma fonte de energia, porém, só consegue captar rádio AM que tem um sistema mais fraco, então a energia serve para amplificar o som do rádio, conseguindo tocar rádio FM também. (A6)*

*Muito diferente, não pensava que o rádio tinha tantas especialidades como agora eu sei. Mas hoje tenho uma visão muito diferente, aprendi que o rádio é um recurso de desenvolvimento em diversas modalidades desta ciência. (A16)*

*E os rádios vieram logo após a energia, e com a descoberta da energia, as ondas. Com essas descobertas veio logo a tecnologia que revolucionou o mundo. (A18)*

*Para se informar do que se acontecia no mundo era preciso ir para a casa de vizinhos ou amigos que tinham televisão (imagem preta e branca) ou rádio para escutar o que acontecia. (A13)*

*Outros meios de comunicação da época era os telégrafos, telefones (que só tinha um na cidade) e a televisão, porém esses meios eram mais caros, como a minha família era carente demorou usá-los. (A21)*

---

<sup>16</sup> Consideramos a versão preliminar para o Ensino Médio. A versão final será divulgada no site oficial: <http://basenacionalcomum.mec.gov.br/>

*Na casa da minha tia J. eles mandavam cartas e usavam orelhões que ficavam na rua. Com a evolução e as tecnologias avançadas surgiram os celulares, as redes sociais, os orkut depois o MS, agora o Facebook e o Whatsapp que podemos comunicar, conhecer as pessoas novas, saber das notícias e estudas com pessoas que estão longe. (A20)*

A contextualização do conhecimento pode ser relacionada à aplicação e uso do conhecimento apreendido. Também o gosto em aprender se relaciona com a contextualização e significação conceitual, conforme Bonadiman e Nonenmacher (2007):

Consideramos que as atividades devem promover o gosto pelo aprendizado uma vez que a aplicação no contexto do aluno favorece a significação conceitual, assim o desenvolvimento de um propicia o desenvolvimento dos demais. Um dos aspectos fundamentais no ensino da Física, que é de cunho teórico-metodológico, capaz de motivar o aluno para o estudo e, deste modo, propiciar a ele condições favoráveis para o gostar e para o aprender, está relacionado com a percepção que o estudante tem da importância, para a sua formação e para a sua vida, dos conteúdos desenvolvidos em sala de aula. Essa importância fica evidenciada para o aluno se o professor atribuir significado à Física por ele ensinada na escola, satisfazendo, dessa forma, parte da curiosidade do estudante, que comumente é explicitada pela conhecida pergunta: para quê serve isso, professor? (BONADIMAN E NONENMACHER, 2007, p. 198)

Os conhecimentos utilizados nas aulas de Física na escola foram utilizados pelos alunos como forma de compreender o mundo, fenômenos da natureza com os quais eles convivem, consideramos que o aprendizado transcendeu a aplicação escolar básica, exercícios, atividades e a aplicação deu-se no contexto dos aprendizes. O aluno A4 faz a relação entre potência da onda eletromagnética na transmissão da estação de rádio e a interferência de ondas. Na fala do aluno A20 verifica-se um grande salto temporal saindo de uma época que usavam cartas e o telefone público como meio de comunicação e passando para os tempos atuais com as redes sociais, celulares e internet acessível a quase todas as pessoas. É possível que este aluno não tenha conhecimento de como esses meios de comunicação evoluíram e que as ondas eletromagnéticas são a base das telecomunicações.

Verifica-se que alguns textos que os alunos produzem individualmente (A13, A16, A18), são curtos e com poucas informações, o que indica ainda pouco domínio sobre o assunto ou desconhecimento quanto à evolução dos meios de comunicação na comunidade onde vivem. Estes conseguem estabelecer relação com o dia-a-dia, mas os conceitos são superficiais e é possível que os significados ainda não foram consolidados.

Ao utilizar o rádio de Galena, como equipamento gerador, propiciamos que os adolescentes de hoje, que convivem com comunicação instantânea, reflitam sobre o contexto em que estão inseridos. Promove a reflexão sobre uma realidade que as pessoas precisavam se deslocar grandes distâncias para utilizar um telefone público proporciona aos alunos o pensamento sobre as dificuldades enfrentadas por seus pais, avós e outros antepassados.

A contextualização, associada à interdisciplinaridade, também é considerada como relevante nos documentos normativos da educação básica, como as Diretrizes Curriculares Nacionais para o Ensino Médio - DCNEM (BRASIL, 1998).

Interdisciplinaridade e contextualização formam o eixo organizador da doutrina curricular expressa na Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (1996). Elas abrigam uma visão do conhecimento e das formas de tratá-los para ensinar e para aprender que permite dar significado integrador a duas outras dimensões do currículo de forma a evitar transformá-las em novas dualidades ou reforçar as já existentes: base nacional comum/parte diversificada, e formação geral/preparação básica para o trabalho. (BRASIL, 1998, p.50)

#### **6.1.4 Abordagem teórico-experimental**

As atividades práticas, empíricas ou simuladas, de demonstração ou investigativas foram exploradas sistematicamente no desenvolvimento da SD, com a intenção de favorecer a ligação entre a realidade vivenciada pelo aprendiz e o conhecimento sistematizado, dos conteúdos específicos das diversas áreas do conhecimento.

As produções apresentaram emprego de termos específicos de física articulados nas respostas. Embora ainda com certo grau de simplificação, descrevem acontecimentos e discussões que ocorrem durante as aulas práticas. Alguns exemplos são apresentados a seguir:

*Mais na minha opinião a melhor aula que eu tive foi o dia que trabalhamos com interferência. Com um aparelho que o professor trouxe a gente conseguia interferir na captura da estação de rádio no aparelho de som que tínhamos, para fazer isso o professor sintonizava o aparelho na mesma frequência da estação de rádio fazendo com que o aparelho de som captasse o sinal de seu aparelho ao invés da rádio. (A6)*

O relato do aluno A6 apresenta a descrição da aula sobre blindagem eletrostática e interferência de ondas eletromagnéticas, relatando o desenvolvimento da atividade

experimental e expondo a opinião do mesmo sobre esse tipo de atividade prática. Utilizando de termos específicos de Física para descrever a atividade experimental, o desenvolvimento e as considerações sobre a interferência de ondas de rádio FM.

Os jovens são curiosos, quando inovamos as aulas, e as atividades experimentais propiciam uma abordagem com conexão com a realidade e a possibilidade do emprego desse conhecimento sistematizado na realidade. Além da motivação diferenciada ao executar as tarefas propostas pelo professor as interações entre os mais capazes promovem um desenvolvimento diferenciado.

Os recursos tecnológicos que utilizamos são baseados em conhecimentos científicos, o professor em sua prática docente deve recorrer aos equipamentos tecnológicos para contextualizar suas aulas. As atividades experimentais favorecem as interações, a significação conceitual e a contextualização.

O trecho a seguir refere-se à produção em grupo com a descrição da aula “desmontando um alto-falante”. O relato foi produzido através do *minute paper*.

*Na aula prática de hoje aprendemos como o alto-falante funciona, como emite o som. Ele precisa de uma energia em pulso para sair zumbido. Se os dois fios estiverem conectados simultaneamente, assim não gera impulso, portanto não haverá som. Quando foi desmontado o alto-falante vimos que nele está enrolado um fio de cobre servindo como ímã gerando o impulso. O fio de cobre funciona como condutor de energia. (grupo)*

Evidenciamos no trecho a descrição da atividade experimental do teste do alto-falante com o pilhas e atividade investigativa de seu funcionamento. Diversos termos específicos foram empregados para descrever a aula prática, sendo que a apropriação dos significados possibilita o amadurecimento dos conceitos. A exploração dos fones de ouvido, sistemas de som de uso doméstico presentes no cotidiano do aluno, auxilia a apresentar a Física como forma de compreender esses conceitos e despertar o interesse dos alunos.

Os trechos a seguir, dos alunos A7 e A4, resumem o que consideram ter aprendido durante as aulas, com o desenvolvimento de atividades experimentais.

*Apreendi que tanto a eletricidade quanto ímã geram o campo magnético. Se colocar dois ímãs em repulsão e colocando uma folha com pó de ferro gera linhas de campo. (A7)*

*Aprendi sobre linhas de campo magnéticos não podem se ver a olho nu. E também sobre o eletroímã, que o ímã atrai, e o pó do bombril é forma de ver a linha de campo magnético (A4)*

As atividades experimentais podem ocorrer em sala de aula ou em laboratórios. A mediação do professor é de grande importância para superar a falta de um espaço físico adequado.

A experimentação faz parte da vida, na escola ou no cotidiano de todos nós. Assim, a ideia de experimentação como atividade exclusiva das aulas de laboratório, onde os alunos recebem uma receita a ser seguida nos mínimos detalhes e cujos resultados já são previamente conhecidos, não condiz com o ensino atual. As atividades experimentais devem partir de um problema, de uma questão a ser respondida. Cabe ao professor orientar os alunos na busca de respostas. As questões propostas devem propiciar oportunidade para que os alunos elaborem hipóteses, testem-nas, organizem os resultados obtidos, reflitam sobre o significado de resultados esperados e, sobretudo, o dos inesperados e usem as conclusões para a construção do conceito pretendido. (BRASIL, 2005, p.55).

As falas dos alunos A4 e A7 sintetizam conhecimentos e conceitos trabalhados em duas aulas: linhas de campo magnético e polaridade magnética; a experiência de Oersted. Os conceitos foram abordados com o auxílio da atividade experimental, com a manipulação dos objetos e a mediação do professor. Os estudantes formularam suas hipóteses e puderam verificá-las na atividade. Ressaltamos, nessas atividades, a ideias das interações propiciadas pelas discussões em grupos, que aliadas à manipulação dos objetos conduziram ao desenvolvimento cognitivo do aluno.

Algumas produções dos alunos utilizaram ilustrações com a finalidade de complementar as explicações. A aula prática simulada referente lei Faraday-Lenz tinha como objetivo que o aluno descrevesse, envolvendo a simulação, no que consistia a Lei de Faraday-Lenz. Inicialmente os alunos tiveram uma noção da lei da indução na atividade manipulativa experimental e na simulação deveriam aplicar os conceitos discutidos durante o experimento.

O desenvolvimento ocorreu no laboratório de informática e em duplas, sem a existência de roteiro pré-definido. Eles partiram da questão: O que é Lei de Faraday? Utilize o simulação para explicar o que é. As imagens a seguir apresentam algumas produções.

Lei de Faraday's  
 Possui um ímã onde o sul que tem campo magnético que interfere nos elétrons.  
 A corrente gera campo, e o campo gera corrente.

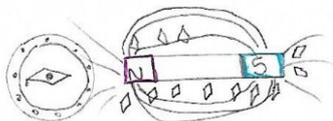


Figura 20: Descrição sobre a Lei de Faraday. Fonte: aluno A2, cópia.

Variação de campo magnético induzindo corrente elétrica (unidade) corrente

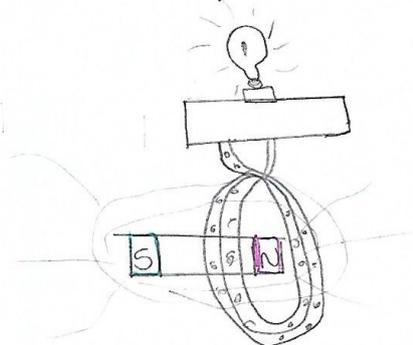


Figura 21: Variação do fluxo magnético induzindo corrente elétrica. Fonte: aluno A2, cópia.

Com o eixo de água movimento de eixo que está com o ímã, e com isso movimentação interfere nos elétrons que fazem que a luz se acenda. Com a variação que surge.

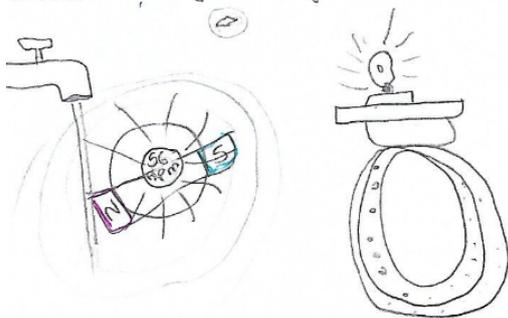


Figura 22: Corrente elétrica induzida pelo movimento do ímã ligado à roda d'água. Fonte: aluno A2, cópia.

As figuras 19, 20 e 21 expõem as produções dos alunos que recorreram aos desenhos e descrição da simulação para realizarem a atividade. Nesta atividade os alunos tinham a liberdade de utilizar a simulação sem a existência de um roteiro, em que o

professor/pesquisador atuou apenas como mediador, sem apresentar resposta. Os questionamentos dos alunos foram diversos: “como vou fazer, é pra fazer o quê?”; “professor explica de novo”; “é que campo gera corrente elétrica, mas como vou escrever”.

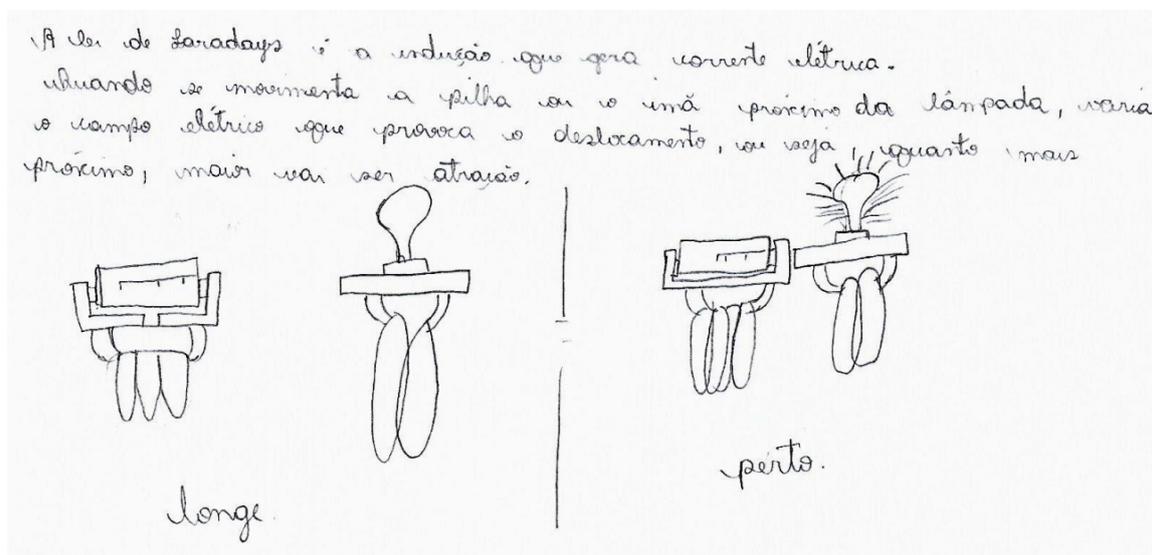


Figura 23: Descrição de alunos sobre corrente induzida e campo elétrico induzido. Fonte: aluno A4, cópia.

Consideremos que a abordagem teórico-experimental favorece a formação conceitual. Aliada às atividades experimentais em grupos ou duplas propicia os debates e interações entre os alunos, uma vez que os alunos mais capazes acabam exercendo grande influência sobre os demais, sendo que o processo ensino-aprendizagem não é uma prerrogativa apenas do professor.

De acordo com Delizoicov e Angotti (1992):

Considera-se mais conveniente um trabalho experimental que dê margem à discussão e interpretação de resultados obtidos (quaisquer que tenham sido), com o professor atuando no sentido de apresentar e desenvolver conceitos, leis e teorias envolvidas na experimentação. Desta forma o professor será um orientador crítico da aprendizagem, distanciando de uma postura autoritária e dogmática no ensino possibilitando que os alunos venham a ter uma visão mais adequada do trabalho em Ciências. (DELIZOICOV e ANGOTTI, 1992, p.22).

Conforme consideramos no início do capítulo, as categorias de análise são conexas, mesmo buscando compreender e analisar as produções dentro de uma categoria

individual, por diversas vezes recorreremos às demais como forma de buscar a compreensão das produções da categoria em questão.

## 6.2 Aspectos quantitativos

A sequência didática desenvolvida no Ensino Médio, em escola pública, obteve avaliação satisfatória da comunidade escolar (alunos, direção e supervisão). Recursos metodológicos utilizados buscam atender a um maior número de alunos, admitida a diversidade encontrada no ambiente escolar e vivência específica de cada um, constituindo uma possibilidade diferenciada de ensino. Aulas que seguem um padrão único favorecem apenas uma parcela de alunos que detenham as características correlatas ao padrão de aula ministrado pelo professor.

Nesta secção, a análise dos resultados quantitativos dos alunos leva a entender que estes são fatores indicativos da aplicabilidade da SD no ensino de Física. Não há afirmações conclusivas, visto à diversidade de fatores que podem influenciar tais resultados. Os processos de avaliação nos bimestres em questão, a tipologia de aulas, e até mesmo questões da rotina escolar, podem interferir consideravelmente nos dados obtidos.

No entanto, as produções realizadas pelos alunos são avaliadas com caráter qualitativo, sendo que os aspectos quantitativos que compõem os resultados, as notas no bimestre corrente, não constituem o foco da SD. Estes resultados quantitativos são valorizados demasiadamente no processo educacional, porém não refletem ou comprovam que efetivamente os conteúdos ensinados foram compreendidos.

No planejamento anual da escola foi definida a divisão dos bimestres com a seguinte pontuação: 1º e 2º bimestre 20,0 pontos em cada um; 3º e 4º bimestre 30,0 pontos em cada um. Buscando verificar quantitativamente a interferência da SD no rendimento dos alunos foi realizado o levantamento das notas obtidas no primeiro semestre de 2016 e de 2017.

Quadro 1. Resultados parciais 3º ano do ensino médio em 2016

2016	1ºBimestre	2ºBimestre
$\bar{x}$ (média)	12,04	14,38

$\sigma$ (desvio padrão)	3,63	2,93
--------------------------	------	------

Quadro 2. Resultados parciais 3º ano do ensino médio em 2017

2017	1ºBimestre	2ºBimestre
$\bar{x}$ (média)	12,96	16,69
$\sigma$ (desvio padrão)	2,65	2,14

Os resultados obtidos indicam uma melhora no aproveitamento médio dos alunos e um resultado relevante ao trabalho desenvolvido é a redução do desvio padrão das notas obtidas pelos alunos. A diferença entre o desvio padrão obtido nas notas do 1º bimestre e nas do 2º bimestre, nos anos de 2016 e de 2017, sugere que a metodologia proporcionou resultados mais abrangentes que a das aulas tradicionais (1º bimestre), pois a redução indica menor variação entre as notas dos alunos obtidas no 2º bimestre.

A diversidade nas aulas de Física como: aulas práticas, simulações, leituras e debates, bem como produções em grupo, propiciam um melhor aproveitamento. A exclusividade de uma metodologia de ensino prioriza apenas um grupo de alunos que apresentam melhor desenvolvimento e pode ser improdutivo a outro grupo. Não desconsideramos o mérito de uma boa aula expositiva com quadro e giz, mas o problema é a exclusividade de um método ao longo do ano letivo.

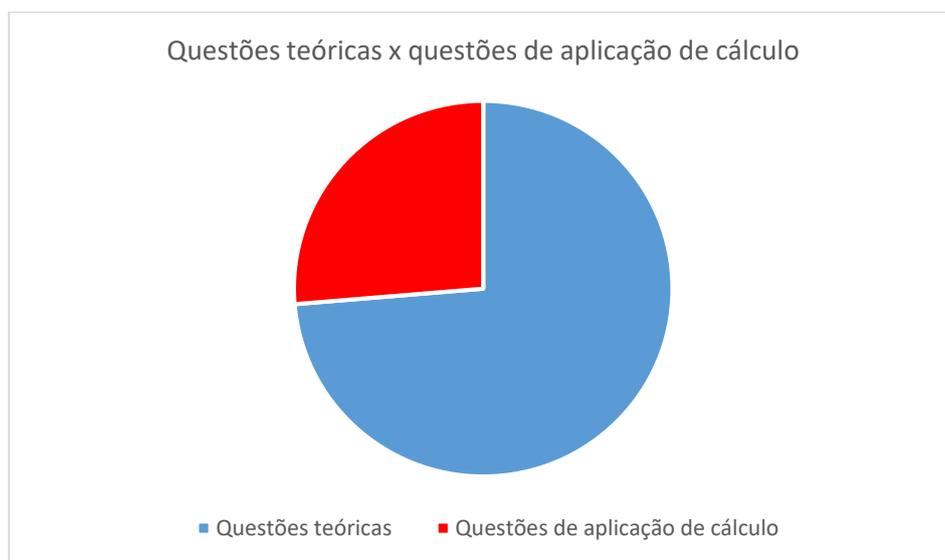
Durante as aulas tradicionais há alunos que apresentam rendimento alto e alunos que não conseguem acompanhar o desenvolvimento dos demais e normalmente obtêm notas abaixo da média. Essa grande flutuação nas notas obtidas, desvio padrão com valor elevado, pode ser um indicativo de que a metodologia utilizada não é adequada à maioria do grupo. Atribui-se a redução do desvio padrão, no 2º bimestre, apresentado no quadro 1 e 2, à metodologia praticada que motivou e oportunizou aprendizagem de alunos que demonstravam maiores dificuldades em compreender a Física usualmente abordada.

As médias das notas obtidas no 2º bimestre dos anos de 2016 e de 2017 são maiores do que as notas obtidas no 1º bimestre, sendo atribuída a maior motivação em realizar as atividades e melhor desempenho nas atividades avaliativas. A avaliação bimestral (exigência da escola), durante o 2º bimestre foi composta por diversas questões

retiradas do GREF (Capítulo 40) contendo questões de cunho dissertativo e algumas de aplicação de cálculos simples relacionados ao estudo de ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas. No total de 19 questões os alunos deveriam selecionar 10 questões que julgassem mais convenientes ou que detivessem maior domínio do assunto.

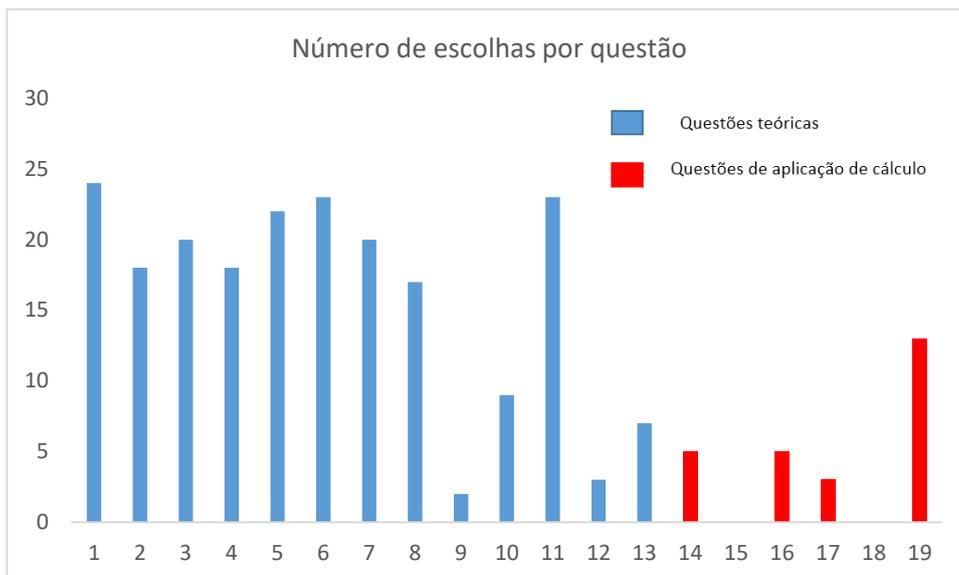
Essa flexibilidade no processo avaliativo possibilita ao aluno a opção de fazer as atividades sobre assuntos que considera ter maior domínio de conteúdo e que obteve melhor compreensão. A prioridade das questões era o entendimento teórico do assunto estudado, pois aproximadamente 25% das questões exigiam cálculos para a resolução. Os dados são apresentados na tabela 1.

**Tabela 3-** Tipologia de questões aplicadas na avaliação bimestral de Física.



O gráfico 2 indica as questões que os alunos mais escolheram na realização da avaliação. As questões da avaliação encontram-se no anexo 2.

**Tabela 4-** Gráfico de número de escolhas por questão disponível na avaliação bimestral durante o desenvolvimento da SD por tipologia de questão.



Observa-se que ocorreu maior interesse em responder as questões de cunho teórico em detrimento às questões de aplicação de cálculo. Consideramos que essa opção retoma o caráter do entendimento da Física como Ciência que dialoga com a realidade e que o foco demasiado em cálculos pode ser o reflexo do ensino tradicional praticado.

As diversas atividades desenvolvidas buscavam estruturar a formação de conceitos importantes e necessários, sendo que o compromisso principal da SD é com o aprendizado de conceitos significativos. Logo, a opção dos alunos por questões dissertativas indica que alguns desses conceitos foram internalizados e fazem parte da sua estrutura lógica.

Os temas abordados nas questões dissertativas são relacionados ao cotidiano do aluno, como as questões: 1-Como as ondas chegam até o rádio? e 11- Por que as antenas são colocadas geralmente nos pontos mais altos de uma região? Tais questões foram respondidas 24 e 23 vezes, respectivamente, e demonstram que o conhecimento explorado se tornou um recurso para compreender e explicar os fenômenos e tecnologias presentes em nosso meio.

## 7. CONSIDERAÇÕES

O conhecimento escolar, acadêmico, indispensável para diversas etapas da vida de um estudante, seja de exames, concursos ou seleções, não deve se distanciar de sua aplicabilidade na sociedade. O ensino médio tem por objetivo a formação de um cidadão que tenha conhecimento básico dos processos e fenômenos científico-tecnológicos que compõem sua realidade.

A educação em ciências, de maneira que valorize a prática e experimentação, fornece subsídios para o desenvolvimento cognitivo do indivíduo. A resolução de problemas, que de fato sejam problemas aos alunos, e a criação de alternativas em atendimento a uma demanda, proporcionam novas experiências que possibilitam a ampliação da capacidade de articulação de ideias.

Através das observações feitas durante as aulas foi evidenciado que ocorreram avanços significativos uma vez que alguns alunos, que usualmente não realizavam as atividades antes da SD e apresentavam baixo rendimento, passaram a realizar as atividades com empenho e obtiveram média satisfatória no bimestre, recuperando a falta de média no 1º bimestre. O uso de metodologias diversificadas propiciou avanços significativos ao apresentar a possibilidade do ensino que promove o desenvolvimento do indivíduo e a aprendizagem significativa dos conceitos. Os alunos que participaram do desenvolvimento da SD apresentaram motivação em realizar as atividades propostas e progrediram consideravelmente com a apropriação de novos conceitos.

As atividades desenvolvidas ao longo de dezenove aulas abordaram o conhecimento como uma necessidade para compreender certo recorte da realidade em que vivemos. O tema ondas eletromagnéticas, embora desconhecido para os alunos, faz parte do dia-a-dia de quase todas as pessoas e pode-se afirmar que a compreensão de boa parte da tecnologia e dos equipamentos tecnológicos depende de conhecimentos sobre ondas eletromagnéticas que podem ser significados no contexto escolar.

A utilização de diversos recursos, como aulas práticas e simulações, auxiliou na significação conceitual, em acordo com Vygotsky (1998a), e na melhor compreensão da Física como uma ciência que também está ao alcance da população em geral. Essas atividades, além de interessantes, se tornaram importantes também no sentido da

compreensão do mundo em que vivemos, mesmo diante do estudo de termos complexos e leis clássicas.

A significação conceitual, o uso e articulação de novos conceitos, e as interações entre aluno/aluno e professor/aluno que ocorreram, tanto nas atividades práticas quanto nas discussões, de acordo com Vygotsky (1998b), são avanços alcançados com a elaboração/desenvolvimento da SD.

É de ressaltar que o processo de ensino-aprendizagem de Física, realizado na interface com o cotidiano dos estudantes, passa a ser visto de forma diferente do usual. Além de empolgar os alunos e ver a importância da Física para sua formação, eles passam a acreditar que são capazes de aprendê-la.

As atividades em grupo favorecem o desenvolvimento através das interações, conforme aponta Vygotsky (1998a). O professor é um mediador, deve caminhar junto com seus alunos na orientação e motivá-los a aprender. Considerando Freire (1991, p. 39), "Ninguém educa ninguém, ninguém educa a si mesmo, os homens se educam entre si, mediatizados pelo mundo".

Dentre os diversos avanços propiciados pela SD, considero que minha prática docente foi ampliada consideravelmente com os estudos, elaborações e desenvolvimento de diversas possibilidades de um ensino que se pauta pelo aprendizado dos estudantes, tendo a significação conceitual como um dos aspectos relevantes. E que este supera o tradicionalismo de aulas exclusivamente repetitivas com foco em resoluções matemáticas em problemas de física.

O papel do professor como orientador rumo ao conhecimento é essencial para o sucesso das atividades, pois o aluno espera sempre uma resposta do professor a fim de solucionar um problema. Quando esse aluno, num processo interativo, de mediação, recebe outra pergunta ao invés de uma resposta a sua questão, este necessitará articular os conhecimentos para buscar uma solução para o problema. Nessa perspectiva, as atividades em grupo favoreceram significativamente o aprendizado, principalmente daqueles alunos que tinham um ritmo mais lento de aprendizagem.

Por fim, acreditamos que um ensino público de qualidade pode ser alcançado quando envolver sistematicamente os diversos entes que o compõem: comunidade escolar e sociedade. As atividades que o professor pode utilizar em suas aulas buscam um

objetivo comum: o ensino que se torne aprendizagem e que os alunos façam uso desse conhecimento em suas vidas. A formação para a vida, tanto discutida, deve propiciar ao aluno conhecimentos básicos para seu dia-a-dia e possibilitar o acesso ao ensino superior.

Enfim, o professor tem papel fundamental no ensino, não como o centro das atenções ou o detentor do saber, mas como articulador e mediador das questões/situações que promovem o desenvolvimento cognitivo dos estudantes. A educação de qualidade nas escolas públicas não é um sonho utópico, pois abrange a questão de formação e conhecimento sobre o real sentido da profissão, professor.

## BIBLIOGRAFIA

### Referências

- ARAÚJO, M.S.T.; ABID, M.L.V.S.. Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**. V. 25, n 2, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n2/a07v25n2> Acesso em março. 2016
- BONADIMAN, H.; AXT, R.; BLUMKE, R.A.; VINCENSI, G. **Difusão e popularização da ciência. Uma experiência em Física que deu certo**. XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física. 2004. Disponível em: < [http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/\\_difusaoepopularizacaodac.trabalho.pdf](http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/_difusaoepopularizacaodac.trabalho.pdf) Acesso em: março 2016
- BONADIMAN, H. NONENMACHER S. E. B. **O Gostar e o aprender no ensino de Física: uma proposta metodológica**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 24, n. 2: p. 194-223, ago. 2007.
- BRASIL. Ministério da Educação. Conselho Nacional de Educação. **Diretrizes curriculares nacionais para o ensino médio**. Brasília: MEC/CNE, 1998.
- \_\_\_\_\_. **PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Vol. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2005.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.P. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1992. 2ª. ed. (Coleção Magistério 2º grau. Série formação do professor).
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.P.; PERNAMBUCO, M.M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002 (Coleção Docência em formação).
- FREIRE, P. **Pedagogia do oprimido**. Rio de Janeiro: 19ªed. Paz e Terra, 1991.
- FIGUEIREDO, A.; TERRAZZAN, E. **Revista Ensino de Ciências**. nº17. 1987. Disponível em: [http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=rec&cod=\\_olaboratorioemcasaradio-](http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=rec&cod=_olaboratorioemcasaradio-) Acesso em: junho 2016
- GEHLEN, S.T.; AUTH, M.A.; AULER, D. **Contribuições de Freire e Vygotsky no contexto de propostas curriculares para a Educação em Ciências**. Revista Electronica de Ensenanza de las Ciencias vol. 7, nº1. 2008.
- GRAF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física) - **Leituras de física**. São Paulo: IF/USP
- GÜNTHER, H. **Pesquisa Qualitativa Versus Pesquisa Quantitativa: Essa é a Questão**. Psicologia: Teoria e Pesquisa. Mai-Ago 2006, Vol. 22 n. 2, pp. 201-210.
- HECKLER, V. **Uso de simuladores e imagens como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de ótica**. 2004. 229f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em

Ensino de Física). Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2004.

HOHENFELD, D. P. **As tecnologias de informação e comunicação nas aulas de Física do ensino médio: uma questão de formação**. 2008. 120f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências). Instituto de Física. Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana. Salvador. 2008.

LOZADA, C. O.; ARAÚJO, M.S.T.; GUZZO, M.M. **Educar pela pesquisa e os museus de Ciências: um estudo de caso na Nanoaventura**. Encontro de pesquisa em Ensino de Física. 2006. Disponível em : [http://www.cienciamao.usp.br/dados/epef/\\_educarpelapesquisaeosmus.trabalho.pdf](http://www.cienciamao.usp.br/dados/epef/_educarpelapesquisaeosmus.trabalho.pdf) Acesso em abril. 2016

MARTINS, J.C. **Vygotsky e o papel das interações sociais na sala de aula: reconhecer e desvendar o mundo**. Idéias, São Paulo, n. 28, pp.111-122, 1997.

PEDUZZI, S. S.; PEDUZZI, L.O.Q.; COSTA, S. **Editorial: Panorama da Educação Brasileira**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física. V.31, n.1, p. 5, 2014 disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2014v31n1p5/26425> Acesso em jun. 2016

ROSA, C. W.; ROSA, Á.B. **Ensino de Física: objetivos e imposições no Ensino Médio**. Revista Electronica de Ensenanza de las Ciências vol. 4, nº1. 2005. Disponível em: [http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART2\\_Vol4\\_N1.pdf](http://reec.uvigo.es/volumenes/volumen4/ART2_Vol4_N1.pdf). Acesso em junho de 2016.

VALENTE. J. A. **O computador na sociedade do conhecimento**. Campinas: UNICAMP/NIED, 1999.

VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 6ª ed. São Paulo. Martins Fontes. 1998a.

\_\_\_\_\_. **Pensamento e Linguagem**. 2ª Edição. São Paulo: Martins Fontes, 1998b.

## Bibliografia consultada

ANGOTTI, J. A. P. e AUTH, M. A., Ciência e Tecnologia: implicações sociais e o papel da educação. **Ciência & Educação**, v.7, n.1, p.15-27, 2001.

AUTH, M.A.; BASTOS, F.P.; MION, R.A.; SOUZA, C.A.; FOSSATTI, N.B.; SPANNEMBERG, E.G.; WOHLMUTH, G. . **Prática educacional dialógica em física via equipamentos Geradores**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.12, 1995.

AUTH, M. A. **Formação de professores de ciências naturais na perspectiva temática e unificadora**. UFSC, 2002

BRASIL. Ministério da Educação. **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**: MEC. SEB. DICEI. 562p., 2013.

FEYNMAN, R. **O que é uma lei Física**. Editora Gradiva, Lisboa, 1ª ed, 1989. 222p. Trad. Carlos Fiolhs, Universidade Coimbra.

FREIRE. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa**. Rio de Janeiro. Paz e Terra, 1997.

GASPAR, A. **Física**. São Paulo: Ática, 2010.

LÜDKE M; ANDRÉ M.E.D.A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986. Disponível em: <http://emaberto.inep.gov.br/index.php/emaberto/article/view/1605/1577>

NUSSENZVEIG, H. M., **Curso de Física Básica**. SP, Edgard Blücher, 1988.

PIETROCOLA, M. **Ensino de Física: conteúdo, metodologia e epistemologia em uma concepção integradora**. 2ªEd.rev. – Florianópolis. Ed. Da UFSC, 2005.

MION, R.; ANGOTTI, J. A. P. Equipamentos Geradores e a Formação de Professores de Física. In: **Prática de Ensino de Física**. ANGOTTI, J. A. P.; REZENDE JUNIOR, M. F. (Orgs.). Florianópolis: Laboratório de Ensino de Física à Distância, 2001. p. 91-116.

ROSA, P. R. S. **Uma introdução a pesquisa qualitativa em ensino de ciências**, UFMS, 2013.

SILVA, E. A. **Sequência Didática com Temas Motivadores no Ensino de Física**. Dissertação (Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia. p. 170. 2015.

SOUZA, F. B.; MALDANER, O. A. **A significação conceitual no início da escolarização das crianças**. IX Anped Sul-Seminário de Pesquisa em Educação da Região Sul. 2012.

VALENTE, J.A. **Por Quê o Computador na Educação?** Campinas. Unicamp. 1993 Disponível em: [http://www.ich.pucminas.br/pged/db/wq/wq1\\_LE/local/txtie9doc.pdf](http://www.ich.pucminas.br/pged/db/wq/wq1_LE/local/txtie9doc.pdf)

## ANEXOS

### Anexo 1: Questionário de opinião

#### *Avaliação do projeto “O rádio de Galena e seu funcionamento”.*

Professor: Renato José Fernandes. E-mail: [renato.jose.fernandes@educacao.mg.gov.br](mailto:renato.jose.fernandes@educacao.mg.gov.br)

Prezados alunos do 3º ano do ensino médio da Escola Estadual Odilon Behrens. Chegamos ao fim do projeto de ensino de ondas eletromagnéticas. Esta sequência didática deverá ser aplicada novamente em outras turmas de ensino médio. Como este trabalho faz parte de uma pesquisa sobre novas técnicas e metodologias diferenciadas para o ensino de ciências, gostaria que as questões a seguir fossem respondidas conforme as experiências desenvolvidas nesta atividade.

1. Comente sobre como foram suas aulas de física no ensino médio em anos anteriores.
2. Qual a sua maior dificuldade em aprender física?
3. Nas aulas que você teve durante o 1º e o 2º ano, foram realizadas atividades práticas?
4. Nas aulas que você teve durante o 1º e o 2º ano, foi usado o computador como forma alternativa de ensino?
5. Sobre as atividades desenvolvidas nas aulas de Física deste semestre, qual se destacou como melhor e qual, não sua opinião, pouco contribuiu para a compreensão do assunto?
6. Que sugestão você faria para melhorar a sequência de ensino sobre ondas eletromagnéticas?
7. Qual era sua visão (antes destas aulas) sobre o funcionamento de um rádio? E hoje, após o desenvolvimento do trabalho?
8. Qual sua opinião sobre a afirmação de que a física não tem a menor ligação com a realidade?
9. O Exame Nacional do Ensino Médio, ENEM, trabalha com questões que exigem a aplicação do conhecimento e não apenas aplicação de fórmulas. Para você, o ensino como é desenvolvido nas escolas prepara o aluno para o ENEM?
10. De acordo com a LDB, Lei de Diretrizes e Bases da Educação o ensino médio deve formar o aluno para a vida. Você entende que isso tem ocorrido na escola? Você usa o conhecimento aprendido na escola em seu dia-a-dia?

**Anexo 2: Avaliação Bimestral**

<b>2º Bimestre</b>		
Professor: Es. Renato Fernandes.	Valor: 8,0	
Disciplina: Física		
Conteúdo: O rádio de Galena e o ensino de ondas eletromagnéticas.		
Nome: _____	Nº _____	Nota _____

O objetivo deste material é avaliar os conhecimentos estudados durante as aulas de física dos últimos dois meses. Neste período abordamos vários tópicos referentes ao eletromagnetismo, ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas. A organização das aulas sempre partiu de situações reais do nosso dia-a-dia, de equipamentos que conhecemos e utilizamos. Selecione 10 questões e responda em uma folha. (As questões foram retiradas do GREF, 1998, p. 158-160, e feitas adaptações)<sup>17</sup>.

**GREF - Grupo de Reelaboração do Ensino de Física**  
**Instituto de Física da USP**

**EQUIPE DE ELABORAÇÃO DAS LEITURAS DE FÍSICA**

Anna Cecilia Copelli  
 Carlos Toscano  
 Dorival Rodrigues Teixeira  
 Isilda Sampaio Silva  
 Jairo Alves Pereira  
 João Martins  
 Luís Carlos de Menezes (coordenador)  
 Luís Paulo de Carvalho Plassi  
 Suely Balbin Pelaes  
 Wilton da Silva Dias  
 Yassuko Hosoume (coordenadora)

**ILUSTRAÇÕES:**

Fernando Chuf de Menezes  
 Mário Kano

**GREF - Instituto de Física da USP**  
**rua do Matão, travessa R, 187**  
**Edifício Principal, Ala 2, sala 305**  
**05508-900 São Paulo - SP**  
**fone: (011) 818-7011 fax:(011) 818-7057**

financiamento e apoio:  
 Convênio USP/MEC-FNDE  
 Sub-programa de educação para as Ciências (CAPES-MEC)  
 FAPESP / MEC - Programa Pró-Ciência  
 Secretaria da Educação do Estado de São Paulo - CENP

**A reprodução deste material é permitida, desde que observadas as seguintes condições:**

- 1. Esta página deve estar presente em todas as cópias impressas ou eletrônicas.**
- 2. Nenhuma alteração, exclusão ou acréscimo de qualquer espécie podem ser efetuados no material.**
- 3. As cópias impressas ou eletrônicas não podem ser utilizadas com fins comerciais de qualquer espécie.**

**junho de 1998**

1. Como as ondas chegam até o rádio?

<sup>17</sup> As adaptações são na numeração das questões, o conteúdo não foi alterado.



2. Como podemos interpretar interferências no funcionamento do aparelho de rádio (receptor)?
3. Qual o intervalo de frequências que o ouvido humano pode “perceber”?
4. Que tipo de associação existe entre o ajuste do botão de sintonia e o circuito elétrico do rádio?
5. Um rádio pode funcionar sem estar ligado a uma fonte de energia (tomada ou pilha)? Então qual a função destes tipos de fonte de energia elétrica?
6. As emissoras de rádio lançam no espaço ondas eletromagnéticas com frequências específicas. As antenas dos receptores captam estas ondas ao mesmo tempo? Explique.



7. A sintonização de uma emissora de rádio ou de TV é feita selecionando a frequência da emissora de rádio e o canal da TV. Por que, às vezes, um aparelho de TV "pega" também uma outra estação?



8. Quais as principais transformações de energia que ocorrem num aparelho de rádio em funcionamento? E num aparelho de TV?
9. Os circuitos oscilantes possibilitam a obtenção de correntes elétricas de alta frequência. Que papel elas desempenham na transmissão de informações entre as emissoras e os tele ouvintes?
10. A sintonização de uma emissora por um aparelho de rádio significa que houve seleção de uma onda eletromagnética.
  - a) Discuta o que acontece quando as oscilações da onda eletromagnética transmitida pela emissora não têm a mesma frequência que a do circuito oscilante do rádio e a situação em que estas frequências coincidem.
  - b) Por que o som de um rádio é perturbado por ruídos durante uma tempestade onde ocorrem relâmpagos?
11. Por que as antenas são colocadas geralmente nos pontos mais altos de uma região?



12. As emissoras de rádio lançam ao espaço ondas eletromagnéticas moduladas. O que significa modular uma onda de alta frequência para se obter uma onda de rádio?
13. O que acontece se colocarmos um ímã sobre uma fita magnética? E sobre um disco?
14. Qual é o comprimento de onda eletromagnética correspondente à frequência de 50 Hz de uma linha de alta tensão?
15. O texto a seguir foi retirado de um livro de Física:

*O corpo humano, que apresenta uma temperatura média de 37 °C, também emite radiações infravermelhas, cujo comprimento de onda encontra-se próximo ao valor  $10^{-5}$  metros."*
16. Considerando a velocidade de propagação próxima a da luz ( $3 \cdot 10^8$  m/s), qual a frequência da radiação emitida pelo corpo humano?

17. Calcule os comprimentos de onda das ondas eletromagnéticas de frequência  $f_1 = 6 \cdot 10^{14}$  Hz e  $f_2 = 4 \cdot 10^6$  Hz.
18. Uma pessoa tenta ouvir um noticiário com um radinho de pilha nas seguintes condições: muito vento com ameaça de chuva com relâmpagos cortavam o céu. Discuta as várias hipóteses que podem explicar o fato de que para ouvir alguma coisa, o radinho tinha que ser colocado colado ao ouvido.
19. Uma estação de rádio emite ondas eletromagnéticas com frequência 8 megahertz. O comprimento das ondas emitidas é de:
- a) ( ) 32,5m      d) ( ) 45,0m      c) ( ) 37,5m  
b) ( ) 35,7m      e) ( ) 52,6m



**SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL**  
**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA**  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA  
MESTRADO PROFISSIONAL



## **Sequência Didática e a construção do Rádio de Galena**

**RENATO JOSÉ FERNANDES**

Produto do mestrado profissional apresentado ao Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Uberlândia, como requisito parcial para a obtenção do título de mestre em Ensino de Ciências e Matemática. Linha de Pesquisa: Ensino e Aprendizagem em Ciências e Matemática.

Orientador: Professor Dr. Milton Antônio Auth

Março, 2018

## Introdução

Consideramos que o ensino de Física necessita de mudanças e inovações. A prática do professor de Física, enquanto formador de conceitos, deve ser reflexiva e conectada com o meio, com o cotidiano do aprendiz. Utilizamos a sequência didática (SD) como metodologia de ensino que propicia o planejamento articulado, estruturado com aulas que abordam diversos temas. A organização das atividades deve propiciar o entendimento do conteúdo e internalização de conceitos significativos.

A sequência didática (SD) desenvolvida na escola pública, de nível médio, é o resultado do planejamento e organização dos conteúdos a serem estudados durante um bimestre. Ondas eletromagnéticas, mecânicas e eletromagnetismo são estudados a partir de atividades práticas, simulações, textos e debates mediados pelo professor. A sequência didática prioriza o aprendizado dos conceitos em detrimento do ensino mecânico.

As aulas de Física envolveram problematizações sobre o funcionamento de alguns componentes e principalmente na propagação e recepção de ondas eletromagnéticas e sua transformação em onda sonora. Alguns conceitos relevantes no estudo de acústica também foram abordados. No desenvolvimento deste produto são apresentadas, de modo resumido, as atividades que foram realizadas durante a SD (sequência didática), bem como um tutorial sobre como construir o rádio de Galena, as especificações técnicas dos componentes, custos e algumas particularidades que devem ser observadas para seu funcionamento. O Rádio de Galena foi utilizado como equipamento gerador na sequência didática produzida durante o curso de Mestrado Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal de Uberlândia.

Consideramos que o ensino de Física baseado no real e com atividades práticas favorece tanto o aprendizado quanto a gestão do ambiente escolar pelo professor. Assim, um equipamento relativamente barato e de simples montagem pode inovar as aulas e contribuir para um ensino de maior qualidade.

Os alunos convivem com a tecnologia da informação e comunicação diariamente e normalmente desconhecem os princípios básicos relacionados à Física. Fatores como esses nos levaram a buscar alternativas para aproximar ciência, tecnologia e sociedade nas aulas de Física do ensino médio da rede pública estadual.

O custo para a montagem do Rádio de Galena pode ser baixo e a maioria dos componentes utilizados pode ser encontrada em oficinas de equipamentos eletrônicos ou retirada de equipamentos destinados à sucata, neste caso não haveria custo. A montagem do circuito não exige um conhecimento específico e habilidades técnicas em eletrônica, sendo que os alunos de ensino médio têm condições de realizá-la. Os componentes, se adquiridos novos em lojas de eletrônicos, tem custo total inferior a R\$ 100,00.

## O que é o rádio de Galena e como construí-lo?

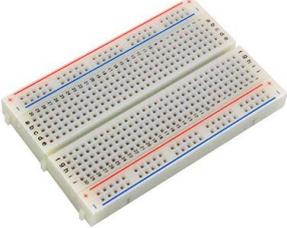
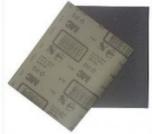
O circuito conhecido como rádio de Galena é um receptor de ondas de rádio AM. O termo Galena refere-se ao sulfeto de chumbo, minério com grande concentração de chumbo, um dos primeiros semicondutores utilizados para a montagem do circuito.

Utilizamos um semicondutor de germânio (diodo de germânio 1N60) em uma montagem e em outra montagem outro diodo (diodo schottky BAT43). Assim, na montagem do rádio de Galena ele funciona como um filtro reduzindo a interferência de outras ondas. Para a montagem apresentada aos alunos utilizamos um diodo que substitui o semicondutor de Galena.

O equipamento capta sinal de rádio na modulação AM (amplitude modulada) com variação de frequência de 530 *kHz* até 1600 *kHz*. O projeto de montagem do circuito simples utiliza dois capacitores ( $C_1$ ;  $C_2$ ) com capacitância respectiva de 100 *pF* e de 270 *pF* (ou 200 *pF*); um diodo que tenham baixa tensão direta (diodo de germânio); um fone de cristal (F) e, aproximadamente, 60 metros de fio esmaltado do tipo AWG 30, para a construção da bobina e antena.

**Tabela 1: Descrição de materiais, quantidade e custo unitário.**

Item e imagem	Quantidade	Valor unitário
Diodo de germânio  OU	01	R\$ 0,16
	ou	
	01	R\$ 0,26

 <p>Diodo schottky</p>		
 <p>Capacitor 100 pF</p>	01	R\$ 0,11
 <p>Capacitor 270 pF</p>	01	R\$ 0,06
 <p>Mini Protoboard</p>	01	R\$ 8,49
 <p>Ferro de solda + estanho</p>	01	R\$ 30,0
 <p>Cano de PVC</p>	20 cm	R\$ 1,00
 <p>Fone (cápsula) de Cristal</p>	01	R\$ 30,00
 <p>Fio de cobre AWG 28 ou AWG 30</p>	100 m	R\$ 12,00
 <p>Lixa</p>	01	R\$ 1,50

 <p>Haste de aterramento</p>	01	R\$ 20,00
---	----	-----------

A montagem pode ser realizada em uma base (30cm x 30cm) de madeira, MDF (MDF é a sigla de *Medium Density Fiberboard*, que significa placa de fibra de média densidade) ou papelão para a fixar os demais componentes.

Na fase de montagem dos componentes pode ser utilizada a placa *proto-board*, o que dispensa a solda de estanho, porém é necessário atentar-se para possível mal contato entre os componentes. No rádio de Galena produzido foi utilizada a solda de estanho, pois utiliza um equipamento de baixo custo e de fácil manuseio, o qual também pode ser utilizado em diversas outras soldagens com estanho.

A bobina deve conter, no mínimo, 100 espiras (voltas de enrolamento) do fio AWG<sup>18</sup>, sendo que um número maior aumentará a faixa de frequências disponíveis para a sintonia. O enrolamento deve ser realizado de modo a não sobrepor um fio sobre o outro. Eles devem estar justapostos lado a lado.

Outra questão importante é o contato entre a bobina e o restante do circuito. É necessário lixar uma pequena faixa do enrolamento sem que o isolamento entre os fios seja comprometido. Recomendamos uma lixa fina para realizar a atividade.

A montagem deve seguir o seguinte esquema conforme Figueiredo e Terrazzan (1987) apresentado na figura a seguir.

<sup>18</sup> O fio deve ser esmaltado. Utilizamos a fio AWG 28 disponível em oficinas de enrolamentos de motores. Nos motores de tanquinho, liquidificador e similares há esse fio que pode ser retirado.

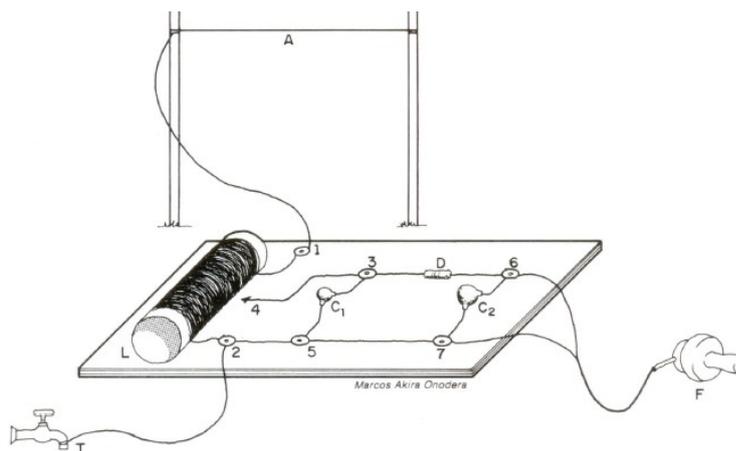


Figura 1. Pg 30 Revista Ensino de Ciências nº17 ano 1987

Os capacitores  $C_1$  e  $C_2$  devem ser ligados em paralelo entre si e com a bobina. O fone de cristal é conectado ao capacitor  $C_2$  conforme a figura. O diodo  $D$  (diodo de germânio ou diodo *schottky*) deve ser ligado entre os capacitores  $C_1$  e  $C_2$  observando o sentido do diodo. O diodo deve funcionar com um filtro que permite a passagem do sinal em forma de pulsos elétricos em apenas um sentido e também retifica o sinal, no caso da bobina para o fone de cristal. O esquema é descrito a seguir.

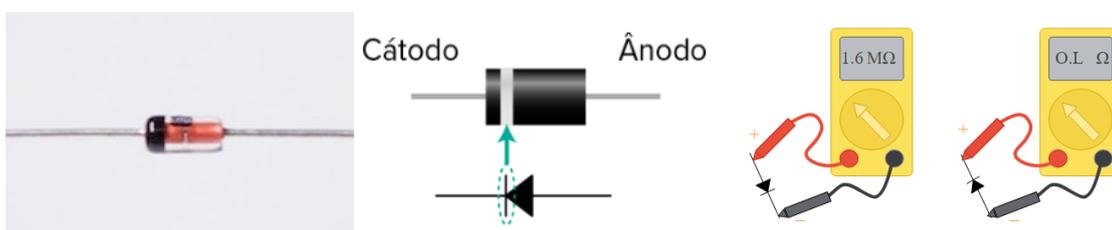


Figura 2: Esquema do sentido de corrente elétrica no diodo de germânio. Fonte: <https://pt.khanacademy.org/science/electrical-engineering/ee-semiconductor-devices/ee-diode/a/ee-diode-circuit-element>

O aterramento é fundamental para o bom funcionamento do rádio de Galena. Uma opção para realizar o aterramento é a haste de aterramento ou uma haste utilizando o vergalhão para construção. Para facilitar o contato é importante limpar a superfície com palha de aço ou lixa fina principalmente no ponto em que for fixado o fio condutor. Outro fator relevante é a condutividade do solo: se for seco a resistência é maior e o funcionamento é pior, o que pode ser melhorado se o solo for regado com água; se existir aterramento predial a ligação pode ser feita diretamente nesse circuito.



Figura 3: Haste de aterramento de vergalhão para construção. Fonte: próprio autor.

A antena deve ter, no mínimo, um quarto do comprimento da onda que se deseja selecionar. O fio pode ser o mesmo utilizado na bobina e é necessário que este esteja isolado, a sugestão é utilizar um pedaço de cano de PVC ou pedaço de régua escolar, ambos com 15 cm ou mais. É necessário lixar as pontas do fio para que haja o contato. A imagem a seguir apresenta o isolamento utilizado na antena.



Figura 4: Isolamento do fio da antena com pedaço de cano de PVC. Fonte: o autor.

Em nossa prática verificamos que o aterramento é mais relevante para o bom funcionamento do rádio de Galena do que o tamanho da antena. A estação de rádio AM deve estar na mesma cidade, pois o sistema não conta com alimentação elétrica e se a potência for baixa a recepção ficará comprometida.

O esquema a seguir ilustra a função de cada componente no circuito:

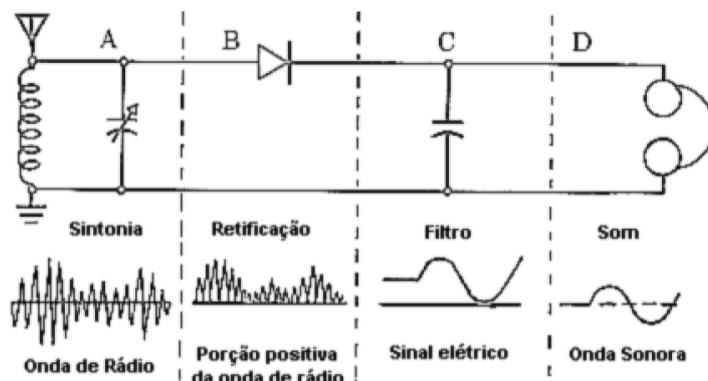


Figura 5, disponível em: <http://www.getec.cefetmt.br/~luizcarlos/Tele/Receptor%20AM%20FM/R%E1dio%20Galena.doc>

Utilizando como referência Figueiredo e Terrazan (1987) para a construção do circuito denominado rádio de Galena obtivemos o resultado apresentado na figura 6.

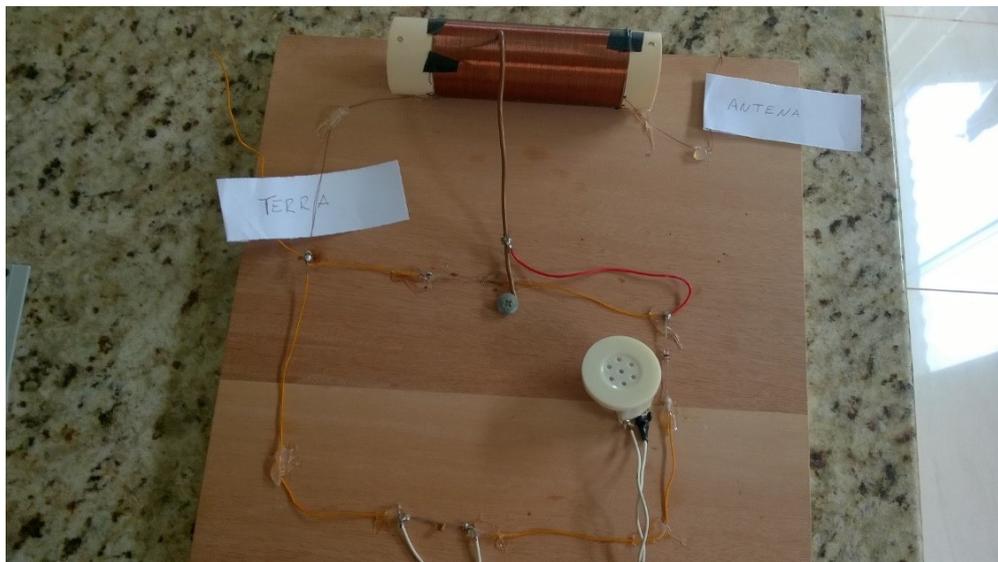


Figura 6: o rádio de Galena pronto para uso. Fonte: autor do texto

O contato com a bobina de ser feito pelo fio que é conectado ao diodo. Variando o número de voltas variamos a frequência de oscilação do circuito, se a frequência coincide com a frequência emitida pela estação de rádio haverá a sintonia da estação.

## Atividades desenvolvidas e materiais necessários

**Tabela 1:** Detalhamento das atividades

Aula	Atividade desenvolvida	Conteúdo a ser explorado/ objetivos
1	Solicitação do trabalho escrito sobre o levantamento de informações: como eram as formas de comunicação há 100 anos atrás. Conversar com as pessoas mais idosas da comunidade. Trazer fotos de rádios antigos e se possível algum aparelho antigo.	Conhecimentos prévios dos alunos, senso comum. Buscar averiguar o que os alunos entendem sobre as telecomunicações.
2	Debate em sala sobre os tipos de comunicação utilizados por nossos antepassados. Como são as formas de comunicação nos dias atuais? Como o conhecimento contribui para o desenvolvimento da ciência? Apresentação no PowerPoint sobre os meios de comunicação atuais.	Desenvolvimento de questões e questionamentos que demonstrem a necessidade do conhecimento para o correto entendimento dos fatos.
3	Leitura do capítulo 30 GREF, “ <i>Diferentes formas de comunicação.</i> ”	Realizar as atividades referentes ao capítulo 30 do GREF. Apresentar o questionamento: é possível um rádio (aparelho) funcionar se uma fonte de alimentação elétrica?
4	O rádio de galena. Apresentação aos alunos do receptor de rádio AM, denominado rádio de Galena. Funcionamento do equipamento.	Problematização inicial sobre o estudo de ondas eletromagnéticas e ondas sonoras.
5	Levantamento e construção de uma tabela pelos alunos sobre ondas sonoras e ondas eletromagnéticas, exemplos do cotidiano dos alunos. O espectro eletromagnético.	Verificar e identificar os conceitos que os alunos detêm sobre ondas, se são capazes de caracterizar corretamente o que é uma onda eletromagnética e uma onda mecânica. (Ao final da SD, reapplicaremos a mesma questão) Apresentar o espectro eletromagnético aos alunos.
6	Ondas mecânicas. Aula prática com sistema massa-mola. Kit massa-mola da OBF.	Significação de conceitos sobre ondas mecânicas: período, frequência, amplitude. Serão realizadas medições e cálculos para a determinação do período, frequência e amplitude.
7	Leitura prévia do texto “Que tal um pouco de som” notícias sobre problemas auditivos provocados por fones de ouvidos e excesso de som, discussão em sala.	Ondas sonoras: propagação no meio, ondas transversais, longitudinais e tridimensionais. Ondas sonoras e a propagação do som no meio. Problemas de saúde provocados por exposição prolongada a ruídos altos e fones de ouvidos.
8	Atividade de simulação do Phet. “ <i>Sound</i> ”	Acústica: a propagação do som, interferência, reflexão e velocidade de propagação dependente

		do meio. Ausência da propagação do som no vácuo.
9	Ondas eletromagnéticas. Como funciona um alto-falante? Como é feita a conversão do sinal elétrico em onda sonora? Atividade prática, desmontando um alto-falante.	Corrente elétrica contínua e corrente elétrica alternada, noções básicas. Buscar questionar aos alunos como ocorre o funcionamento do alto-falante. Formular respostas através da manipulação prática e conhecimentos e conceitos de física. Questionar sobre a presença de um pequeno enrolamento de fio de cobre na base do cone móvel do alto-falante, qual sua função?
10	Campos magnéticos. Ímãs permanentes. Atividade prática utilizando ímãs, verificação de linhas de campo e polaridade. A inexistência do monopolo magnético. Atividade prática manipulativa. (ímãs, limalha de ferro).	Campo magnético. Linhas de campo. Ímãs permanentes.
11	Retomada de conceitos.	Aula expositiva, síntese e discussão sobre os principais conceitos estudados. Retrospectiva das atividades desenvolvidas.
12	Atividade prática. Experiência de Oersted. Comprovação experimental da Lei de Faraday-Lenz.	Campo magnético produzido por corrente elétrica. Fluxo magnético. Variação do fluxo magnético e a corrente elétrica induzida.
13	Atividade prática simulada: Lei da Indução eletromagnética.	Aula prática sobre a experiência de Faraday-Lenz. Verificação experimental da indução eletromagnética e relação entre a geração de energia elétrica através da transformação da energia mecânica.
14	Construindo um motor elétrico de corrente contínua. Utilizando pequenos motores e leds para a demonstrar a geração de energia. O princípio da conservação da energia.	Campo magnético produzido por ímã permanente. Motor elétrico e gerador elétrico. O princípio da conservação da energia. Atentar para a impossibilidade de geradores de energia infinita. (vídeos que circulam na internet e fazem grande sucesso)
15	Atividade de simulação do Phet " <i>Ondas de rádio e campos eletromagnéticos</i> ".	Propagação de uma onda eletromagnética no meio.
16	Atividade prática: blindagem eletromagnética e interferência de ondas eletromagnéticas utilizando um repetidor FM e rádio FM.	Frequência, comprimento da onda, eletromagnética, velocidade de propagação. Por que as estações de rádio transmitem em frequência distintas? O que significa kHz e MHz? Potência e alcance de uma onda.
17	Retomada, o espectro eletromagnético. Questões retiradas do GREF.	Avaliação de aprendizagem de conceitos significativos.

18	Produção de texto. Os alunos devem escrever uma carta a um amigo ou parente relatando como foram suas aulas no 2º bimestre de 2017 durante aplicação da SD. No texto solicitando a carta serão disponibilizadas palavras-chave que auxiliaram na produção.	Promover discussões sobre a física envolvida em uma estação de rádio, distribuição do sinal, captação, sintonia pelo radiouvinte e audição do som.
19	Avaliação das atividades, questionário de opinião dos alunos sobre o desenvolvimento da sequência didática em sala de aula.	Verificar se a SD facilitou o entendimento dos conceitos abordados e se as aulas desenvolvidas durante o período foram consideradas diferenciadas, significativas e produtivas aos alunos.

**Tabela 2:** Detalhamento dos materiais necessários para o desenvolvimento da SD

Aula	Conteúdo/Aula	Materiais	Tipo de atividade
01	Solicitação do trabalho escrito	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Não há materiais específicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual</li> </ul>
02	Tipos de comunicações	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Computador e Datashow.</li> <li>• Apresentação PowerPoint baseada no cap. 30 do GREF.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual</li> </ul>
03	<i>Diferentes formas de comunicação. ”</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capítulo 30 GREF, impresso.</li> <li>• Páginas 114 a 120.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual</li> </ul>
04	Apresentação do rádio de Galena.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Há dois equipamentos montados e funcionando.</li> <li>• Verificar o funcionamento antecipadamente e se necessário gravar o rádio em funcionamento em Patos de Minas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo</li> </ul>
05	Ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas. O espectro eletromagnético.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Elaborar uma tabela para ser preenchida pelos alunos listando os diversos tipos de ondas eletromagnéticas e ondas mecânicas.</li> <li>• Apresentar o espectro eletromagnético, impresso ou projetado por Datashow.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo (4 ou 5 alunos)</li> </ul>
06	Ondas mecânicas.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 6 kits massa-mola OBF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo (4 alunos.)</li> </ul>
07	Leituras sobre o som: texto “Que tal um pouco de som” e reportagens alertando sobre a exposição	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impresso.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual</li> </ul>

	excessiva a fones de ouvidos.		
08	Simulação: som.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratório de informática.</li> <li>• Disponibilizar roteiro para a orientação da atividade e questões anexas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual ou dupla.</li> </ul>
09	Desmontando um autofalante.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 alto falantes grandes.</li> <li>• Pedacos de fios</li> <li>• 5 pilhas AA</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo (4 ou 5 pessoas)</li> </ul>
10	Campos magnéticos.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 a 6 ímãs e limalhas de ferro</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo (4 ou 5 pessoas)</li> </ul>
11	Retomada de conceitos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quadro e giz</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual.</li> </ul>
12	A experiência de Oersted. A lei de Faraday-Lenz.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 bússolas.</li> <li>• Fios</li> <li>• 4 pilhas AA</li> <li>• 2 multímetros digitais ou analógicos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo (5 pessoas).</li> </ul>
13	Prática simulada: Lei da Indução.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratório de informática.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual ou dupla.</li> </ul>
14	Construindo um motor elétrico de corrente contínua. Gerador elétrico, produzindo energia elétrica a partir de pequenos motores.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 Leds brancos</li> <li>• 2 motores elétricos pequenos</li> <li>• Base de madeira</li> <li>• 4 ou 5 ímãs</li> <li>• 4 pilhas AA</li> <li>• Fio de bobina (AWG 28 ou 30)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo</li> </ul>
15	Simulação, ondas eletromagnéticas e campos. Ressonância.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Laboratório de informática</li> <li>• Roteiro com questões sobre a atividade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual ou em duplas</li> </ul>
16	Blindagem eletromagnética e interferência.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 repetidor FM</li> <li>• 1 bateria de 12 V ou carregador de celular.</li> <li>• 1 rádio FM</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grupo</li> </ul>
17	Avaliação da aprendizagem	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material impresso.</li> <li>• Questões extraídas do GREF</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual</li> </ul>
18	Produção escrita sobre o desenvolvimento das atividades.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Material impresso com descrição da atividade solicitada.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual</li> </ul>
19	Questionário	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impresso.</li> <li>• Questionário com questões sobre a opinião dos alunos sobre a SD.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Individual</li> </ul>

## **Desenvolvimento das atividades**

Utilizando o equipamento gerador<sup>19</sup>, o rádio de Galena, as aulas foram estruturadas de maneira a abordar temas sobre ondas mecânicas, ondas eletromagnéticas e eletromagnetismo. A síntese dessas aulas é apresentada a seguir como referência aos professores que queiram utilizar a SD no ensino de Física baseado no real e coerente com a realidade do aluno. As atividades propostas são leituras, debates, produções de texto, experimentos práticos e simulações que objetivam a formação de conceitos significativos e valorizam a aplicação da ciência no dia-a-dia.

### As comunicações e telecomunicações, motivação e problematização inicial (aula 1 a 4)

Os processos de modernização dos sistemas de comunicação ocorrem continuamente alinhados à necessidade de formas de comunicação mais rápidas, confiáveis e seguras. O que distingue a realidade vivida há meio século da realidade de nossos alunos de hoje são os recursos tecnológicos disponíveis.

O ponto de partida (aula 1) para as discussões é a ciência, em específico a Física, envolvida nos meios de comunicação. A atividade proposta é que os alunos investiguem através de entrevistas com as pessoas de mais idade como eram os meios de comunicação de antigamente, de modo que os resultados desta atividade produzam uma redação e posteriormente a discussão sobre o tema.

A valorização do debate entre os alunos diferencia consideravelmente as aulas ditas tradicionais das atividades programadas na SD. O professor deve conduzir a um direcionamento de que é necessário conhecer mais sobre o assunto, buscar mais informações, ler mais sobre o tema para compreender a ciência envolvida nas tecnologias de informação e comunicação presentes no dia-a-dia.

As atividades propostas para a aula 2 são imagens apresentadas em Power Point sobre as formas de comunicação e sua evolução durante a história da humanidade. Nesta atividade deve ocorrer uma síntese com relação aos debates da aula anterior.

---

<sup>19</sup> Consideramos a metodologia dos Três Momentos Pedagógicos de DELIZOICOV ; ANGOTTI e PERNAMBUCO (2002).

Na leitura do capítulo 30 do GREF, “*Diferentes formas de comunicação*”, correspondente a aula 3, almeja-se expandir novos horizontes do conhecimento com um texto de fácil leitura e linguagem acessível aos alunos. Como o assunto já faz parte das aulas de Física espera-se um interesse diferenciado na leitura e resolução das questões que são solicitadas ao final do capítulo. Em segundo plano a atividade do professor é preparar questionamentos que motivem e desafiem os aprendizes a buscar mais. As aulas 1, 2 e 3 são motivadoras e objetivam despertar o interesse pelo estudo do assunto. A questão central das atividades que seguem é apresentada aos alunos: é possível ouvir rádio (aparelho) sem que este esteja conectado a uma fonte de energia elétrica?

O rádio de Galena é apresentado aos alunos e conectado ao fio terra e a uma antena externa. Caso a escola esteja a uma distância superior a 20 km da estação de rádio a sintonia pode ser comprometida. O professor pode utilizar a alternativa em caso de comprometimento da sintonia ou como forma complementar apresentar um vídeo sobre o circuito denominado rádio de Galena e a demonstração de seu funcionamento. A descrição corresponde a aula 4.

#### O espectro eletromagnético (aula 5)

O espectro eletromagnético apresenta o resumo de ondas eletromagnéticas organizadas em ordem crescente dos comprimentos de ondas. As emissoras de rádio moduladas em AM emitem comprimentos de onda na casa do hectometro<sup>20</sup> (100m) e a luz visível ao olho humano é compreendida entre 500 nm (nm = nanômetro =  $10^{-9}$  m) e 700 nm. A capacidade humana de enxergar a radiação é muito limitada diante do largo espectro de ondas. A figura a seguir apresenta a faixa do espectro de ondas eletromagnéticas visível e as demais ondas que são invisíveis a olho nu.

---

<sup>20</sup> Grafia conforme o S.I. (Sistema Internacional de Unidades), página 8. Disponível em: [http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/si\\_versao\\_final.pdf](http://www.inmetro.gov.br/inovacao/publicacoes/si_versao_final.pdf)

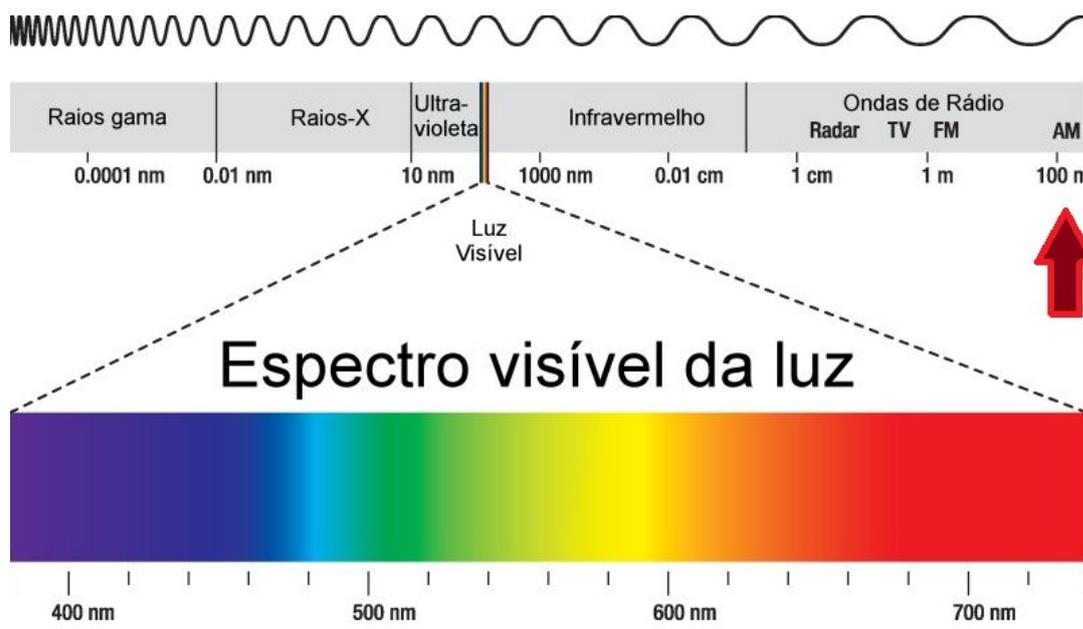


Figura 7. O espectro eletromagnético. Disponível em: <http://www.infoescola.com/fisica/espectro-eletromagnetico/>

A atividade a ser desenvolvida pelos alunos é construir uma tabela listando ondas mecânicas e ondas eletromagnéticas, sem que haja uma explicação por parte do professor, apenas das informações e opiniões que eles detêm. Ao final da aula deve ocorrer a exibição do vídeo: Eletromagnetismo - Espectro Eletromagnético<sup>21</sup>, com duração de 10 minutos e 58 segundos. O vídeo apresenta exemplos de ondas eletromagnéticas e as relações dimensionais entre seu comprimento de onda com ordens de grandeza em potência de 10.

As atividades sobre o espectro eletromagnético são programadas para aula 5.

### Ondas mecânicas (aula 6)

No estudo de ondas mecânicas enfatizamos a significação dos conceitos básicos como frequência, período, amplitude e oscilação.

Os materiais necessários para desenvolver a atividade são: molas, cronômetro e alguns pesos e um suporte com régua. Será utilizado o kit desenvolvido para a verificação experimental da lei de Hooke, elaborado pela SBF (Sociedade Brasileira de Física) que

<sup>21</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=-C2erXakQIQ>

foi distribuído para algumas escolas que participam da Olimpíada Brasileira de Física<sup>22</sup>. Caso o professor não tenha o kit específico pode utilizar molas de caderno para o experimento. Também há a possibilidade de realizar o experimento com um pêndulo que pode ser uma borracha (ou objeto de outro material) amarrada em um fio.

O objetivo é trabalhar a análise de movimentos oscilatórios com o sistema massa-mola.



Figura 8: Sistema massa mola elaborado pela SBF. Fonte: autor do texto.

Abordar questões como:

- Qual o tempo necessário para que ocorram 20 movimentos de descida e subida? (encontrar o valor médio); qual o tempo para que ocorra um movimento completo de subida e descida?
- Como é chamado esse movimento?
- Em um segundo, quantos movimentos ocorrem? Como fazer esta conta?
- Discutir questões como: o que ocorre como movimento se a massa for dobra? Uma mola diferente tem comportamento igual? O que mudou.

---

<sup>22</sup> <http://www.sbfisica.org.br/v1/olimpiada/2016/>

- e) Utilizando outra mola, disponibilizada no kit, qual o tempo para que ocorram 20 oscilações? Qual a frequência? Compare seus resultados desta questão com os resultados obtidos na questão a).

Explorar os conceitos de período, frequência, comprimento de onda, velocidade de propagação, amplitude e suas unidades. Construir e discutir sobre a representação gráfica do movimento do sistema massa mola.

#### A propagação do som no meio (aula 7)

A atividade sobre o estudo da propagação do som inicia-se com a leitura do texto: “Que tal um pouco de som?” Tanto o texto utilizado na aula quanto as questões foram retiradas do livro GREF e apresentam uma abordagem mais conceitual com ênfase em questões aplicáveis de ciência no dia-a-dia do estudante. Há aplicações diretas de cálculos, como frequência e comprimentos de ondas, porém não estão como prioritários. A formação de conceitos e estratégias para o entendimento dos fenômenos pode facilitar o entendimento do evento que tradicionalmente é apenas descrito pelo professor.

O texto “Que tal um pouco de som?” e as questões desenvolvidas nesta atividade podem ser consultadas na dissertação no tópico referente a aula 7.

#### Atividade prática simulada sobre a propagação do som (aula 8)

A simulação *sound*<sup>23</sup>, possibilita ao aluno verificar como ocorre a propagação da onda sonora, visualizando a projeção da vibração se propagação em diferentes meios com o recurso de variar a amplitude e frequência da fonte sonora. Conceitos como interferência e reflexão de ondas podem ser experimentados virtualmente com o uso do computador. O uso da atividade simulada complementa a aula 7 e aplica conceitos como frequência, período, amplitude e velocidade de propagação.

---

<sup>23</sup> Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/sound](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/sound)

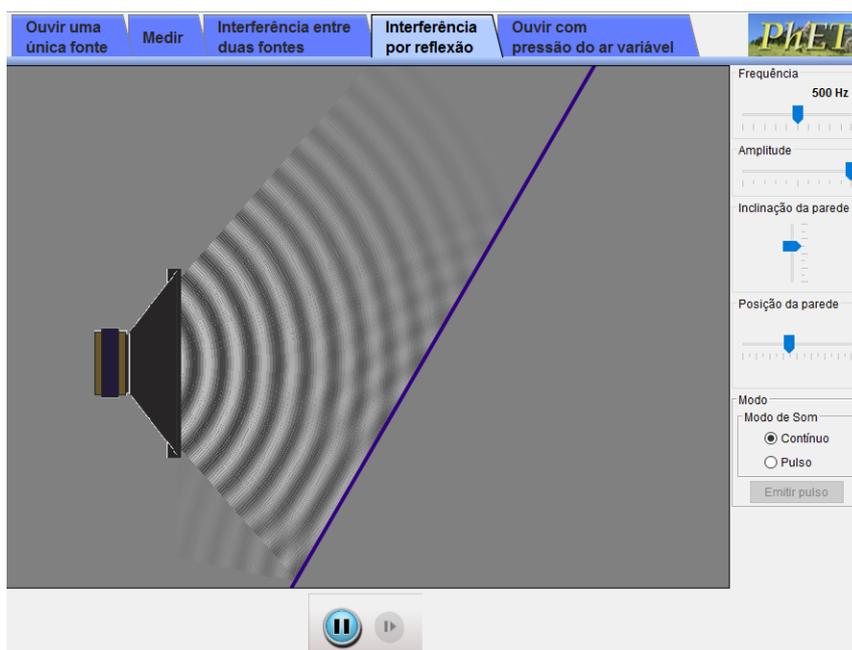


Figura 9: Simulação da propagação do som. Fonte: Phet Colorado.

### **Roteiro para aula prática sobre a propagação do som.**

#### **Atividade prática simulada.**

Utilizando o recurso do simulador Phet Colorado, iremos explorar algumas aplicações dos conceitos trabalhados durante a atividade experimental sobre ondas mecânicas. Esta aplicação é executável utilizando a plataforma Java, sendo um *Java Applet* que funciona com acesso direto a internet com utilização do aplicativo no site oficial ou pode ser instalado em cada máquina desde que tenha uma versão do Java.

Partindo então para a parte de experimentação com o simulador. Faça as anotações em uma folha de papel.

Faça o desenho das ondas que são propagadas em cada aba. Verifique o que ocorre, por exemplo quando aumentamos a frequência e aumentamos ou diminuimos a amplitude.

Aba 1. Ouvir uma fonte:

Faça o desenho de como onda se propaga no meio.

Aba 2. Medir:

Varie a frequência e observe o que ocorre. Se a velocidade de propagação depende do meio e na simulação ela permanece constante então o que é a variação na distância entre os pontos mais escuros e claros. Utilize a tecla pause // e com auxílio da régua faça a medição entre esses pontos claros e escuros. Escolha duas medidas de frequência e anote, faça em seguida a medida entre os pontos claros e escuros.

Aba 3. Interferência entre duas fontes.

Indique em que situação do seu dia-a-dia ocorre interferência entre fontes sonoras. Qual seria a representação da interferência?

Aba 4. Interferência por reflexão.

A posição do anteparo interfere no padrão da reflexão? Como? Descreva.

Aba 5. Ouvir com pressão do ar variável.

O som precisa de um meio físico para se propagar. Varie a pressão e observe o que ocorre. Retire o ar da caixa e veja o que ocorre. A simulação é coerente com o texto “Que tal um pouco de som”. Explique.

O professor pode promover um debate sobre os riscos do uso de fones de ouvidos por tempo prolongado e volume alto. É importante também lembrar do uso obrigatório de EPIs (Equipamentos de proteção individual) que visam minimizar os efeitos à exposição degradante ou de risco à saúde. A aula de Física pode transcender os portões da escola e contribuir para a formação de pessoas que tenham acesso a informação e a usem em seu benefício.

### Ondas eletromagnéticas e o funcionamento de um alto-falante (aula 9)

A questão proposta como problema no início da aula: Como as ondas eletromagnéticas se transformam em ondas mecânicas? E o alto-falante, como funciona?

Essa transformação é realizada no alto-falante, sendo necessária a investigação e o emprego que conceitos já estudados e novos questionamentos devem surgir sobre a relação ondas eletromagnéticas e o som.

Após uma descrição e estudo de como o som se propaga no meio, as relações entre a velocidade de propagação, frequência, comprimento de onda, chegamos a questão:

como o som é produzido no alto-falante? Do que é feito um alto-falante? O que causa o movimento da parte interna do alto falante? Essas questões podem ser apresentadas como problemas pelos alunos. Nesta aula prática manipulativa apresentar alguns alto-falantes de diversos tamanhos, que podem ser usados ou destinados ao descarte.

O professor deve mediar as discussões e organizar a atividade prática de maneira que as respostas surjam através da experimentação e manipulação dos objetos. As hipóteses apresentadas pelos alunos devem ser conduzidas pelo professor à formulação de respostas corretas.

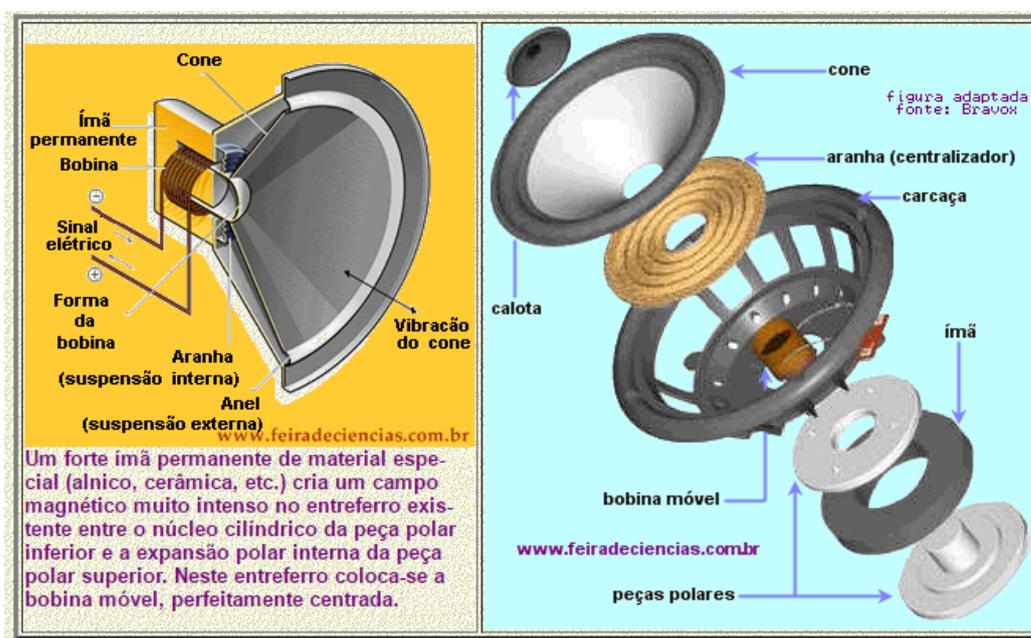


Figura 10. Esquema de funcionamento de um alto-falante. Fonte: [http://www.feiradeciencias.com.br/sala15/15\\_44.asp](http://www.feiradeciencias.com.br/sala15/15_44.asp)

O alto-falante como apresentado na figura 10, é composto de bobina, ímã permanente, cone (parte interna móvel), moldura e armação metálica. O sinal em forma de corrente elétrica chega à bobina e induz na mesma o campo magnético. Observando a figura 10, verifica-se que a bobina se encontra dentro de um forte ímã permanente e que a bobina é fixada ao cone (geralmente de papel). Conforme comprovado por Faraday-Lenz, a variação do fluxo magnético induz corrente elétrica.

Após as considerações dos alunos, surgem novas perguntas que são necessárias de investigação para compreender o que de fato ocorre no processo, como interagem os

campos magnéticos? O que é polaridade magnética e linhas de campo? Como ver e comprovar as linhas de campo magnético?

### Campos magnéticos permanentes e linhas de campo magnético (aula 10)

A aula prática manipulativa pretende apresentar a inexistência de um monopolo magnético (Leis de Maxwell do eletromagnetismo), linhas de campo e as interações entre campos magnéticos. O professor pode discutir a relação campo e força.

O alto-falante desmontado na aula anterior é composto por um ímã permanente e um eletroímã e os demais itens já descritos. Utilizamos o ímã e algumas unidades de neodímio (ímã permanente) e limalha de ferro ou pó de ferro. Para produzir o pó de ferro que substitui a limalha, utilizamos a palha de aço após queimá-la. O resultado é um pó fino que será utilizado para demonstrar as linhas de campo magnético.

A atividade prática consiste em dispor alguns ímãs sobre uma mesa e acima destes colocar uma folha de papel. Ao lançar o pó de ferro as linhas de campo magnético orientam a distribuição dos pequenos fragmentos de ferro e reproduzem a orientação das linhas de campo.

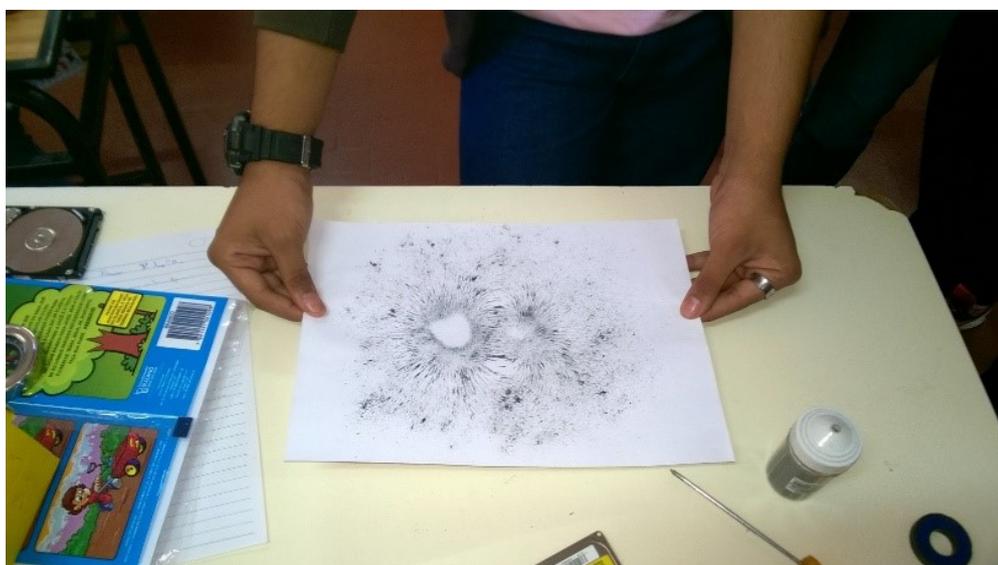


Figura 11: Atividade prática sobre linhas de campo magnético. Fonte: próprio autor.

A questão é a possibilidade de interação, uma vez que a necessidade de conhecer mais deve partir do aluno, que faz perguntas, e cabe ao professor conduzir os

questionamentos para que a observação e a realização da experiência possibilitem ao estudante descobrir respostas. Na aula expositiva o professor impõe ao ambiente o seu ritmo e diz o que o aluno tem que saber, o que facilmente diverge com o que ele quer saber.

#### Retomada de conceitos (aula 11)

Ao desenvolver uma quantidade significativa de conceitos é necessário sintetizá-los de maneira prática e organizada. O presente trabalho não desvaloriza o mérito de aulas expositivas, tanto que utiliza desta para organizar e esquematizar os conceitos estudados. As inúmeras possibilidades que o professor tem para trabalhar em sala devem ser exploradas e diversificadas durante sua prática, pois o problema é a exclusividade de um método.

#### A experiência de Oersted e Faraday-Lenz. (aula 12)

A experiência de Oersted é presente nos livros didáticos através de imagens e da descrição do experimento. Consideramos que o aluno é responsável pelo processo ensino-aprendizagem e que as atividades de manipulativas são necessárias neste contexto.

Faz-se necessário expor que os estudos de eletricidade e magnetismo eram conduzidos isoladamente, sendo que sua estreita ligação era desconhecida pelos estudiosos da época. Oersted verificou que a passagem de corrente elétrica em um fio metálico provocava interferência na bússola, concluindo assim que ao submeter o fio a corrente elétrica surgia campo magnético.

Para o desenvolvimento dessa atividade são necessárias algumas bússolas, fio, suporte com pilhas. A montagem pode ser feita utilizando cadernos com espiral como suporte para tencionar o fio. A figura a seguir demonstra a montagem realizada em sala pelos alunos.



Figura 12: Montagem da experiência de Oersted. Fonte: próprio autor.

Nesta mesma aula podemos explorar a indução eletromagnética. Utilizando um fio esmaltado ou encapado é possível verificar experimentalmente a lei de Faraday-Lenz, conhecida como princípio da indução eletromagnética. É necessário um enrolamento com aproximadamente 50 espiras, um ímã de neodímio e um multímetro. Variando o fluxo magnético dentro ou próximo às espiras, tendo o multímetro conectado em suas extremidades é possível verificar a diferença de potencial (a medição deve ser feita em paralelo, já que a medição de corrente deve ser em série).

Para demonstrar aplicação desses conhecimentos, sugerimos apresentar aos alunos o motor elétrico de corrente contínua. Sua construção será realizada na aula 14 como aplicação do conhecimento.

#### Atividade prática simulada: Lei de Faraday (aula 13)

A simulação “Lei de Faraday<sup>24</sup>” permiti ao professor desenvolver uma atividade investigativa e de aplicação dos conhecimentos trabalhados na aula prática empírica. Nesta atividade não é disponibilizado roteiro prático para os alunos, apenas questões para que fossem respondidas de acordo com a simulação. O que ocorre quando movemos o ímã próximo à bobina? A testar variações no número de voltas na bobina, distância e

---

<sup>24</sup> Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/faradays-law](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/faradays-law)

polaridade do ímã, o que ocorre? Que conclusões você chegou? Faça uma síntese do experimento simulado.

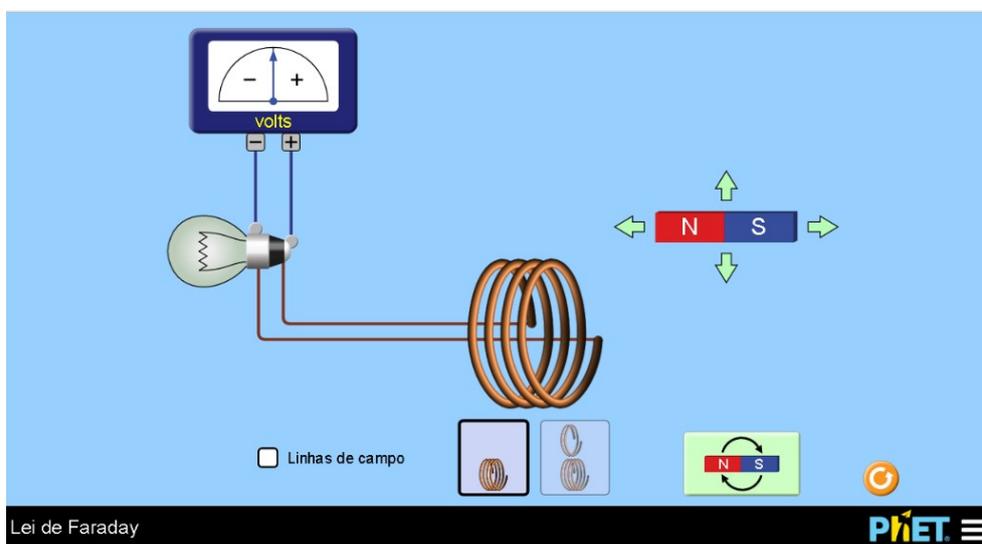


Figura 13: Simulação Lei de Faraday. Fonte: Phet Colorado.

A atividade coloca o aluno como peça central no processo de ensino-aprendizado, não há roteiro definido, apenas perguntas, embora de baixa complexidade na elaboração das respostas é uma oportunidade de testar as considerações decorrentes da aula prática sobre a Lei de Faraday-Lenz. O professor conduz a formulação de conceitos, na observação durante a atividade verifica-se que os alunos compreendem a situação, mas apresentaram dificuldades para a síntese e elaboração escrita do que entenderam, surgindo afirmações: “eu entendi sobre a Lei de Faraday, mas tenho dificuldade em escrever”.

#### Construindo um motor elétrico de corrente contínua. (aula 14)

O objetivo desta aula é construir um motor elétrico de corrente contínua.



Figura 14: Motor elétrico de corrente contínua. Disponível em <https://ramec.mec.gov.br>

Os materiais necessários para a construção do motor elétrico de corrente contínua são:

- Dois pedaços de fio rígido de qualquer bitola (dimensão em milímetros: 1,5 ou 2,5 são mais indicados, pois são mais maleáveis) ou 2 clips de papel, de preferência grandes.
- 2 metros de fio de bobina, tipo AWG (fio de enrolamentos de motores). Este fio deve ser esmaltado. Se for muito fino não suporta o peso da espira e se for muito grosso dificulta o giro.
- Um pedaço de ímã (pode ser retirado de alto-falantes ou HD de computadores, sendo que o ímã de HD apresenta campo magnético mais intenso)
- Suporte com pilhas ou carregador de celular que esteja funcionando, porém fora de uso.

Enrole o fio de bobina em um tubo de pvc ou uma pilha grande para obter espiras semelhantes utilize de 10 a 20 voltas. Em seguida use as pontas dos fios para fazer um eixo que seja simétrico ao diâmetro. Lixe uma das pontas totalmente e a outra lixe apenas a metade do fio.

Faça um suporte com o fio rígido ou clip de papel conforme a figura 14. Agora falta apenas colocar o ímã abaixo de sua espira e verificar em qual posição ele provoca um leve movimento. É necessário começar o movimento ou com sopro sob a espira ou um leve toque com a mão para que o movimento contínuo ocorra.

Discutir como ocorre o movimento. A fonte alimenta a espira criando um campo magnético, como ocorre então o giro? Se invertermos os lados da espira o movimento de giro será o mesmo? E inverter a polaridade da fonte? E invertendo a polaridade do ímã? E o que diz a lei de Faraday-Lenz?

O professor deve fazer a conexão entre os temas de eletromagnetismo estudados necessários para compreender o funcionamento do rádio de Galena e a produção do som pelo alto-falante. Para a compreensão do funcionamento do rádio de Galena, desde a sintonia até a audição do som, é necessário compreender de onde vem a corrente elétrica responsável pela alimentação do alto-falante. Como uma rádio (estação) transmite sua programação? O que são ondas eletromagnéticas?

Atividade prática simulada: “Ondas de rádio e campos eletromagnéticos” (aula 15)

Utilizar a simulação: “*Ondas de rádio e campos eletromagnéticos*”<sup>25</sup>. Este recurso possibilita a visualização da geração da onda eletromagnética da estação de rádio e sua propagação no meio.

Os conceitos que foram estudados como propagação de ondas eletromagnéticas no meio, frequência, comprimento de onda, amplitude, corrente elétrica pode ser explorada e os significados atribuídos pelos alunos verificados na simulação.

Qual a diferença entre rádio AM e FM? Como forma de ampliar os conhecimentos e aplicações a sugestão é a leitura do material do GREF capítulo 32: *Rádio ouvintes*<sup>26</sup>. O material referente ao capítulo 32 do GREF apresenta um texto de fácil leitura e sugere a construção do rádio de Galena conforme desenvolvemos neste trabalho e apresenta conceitos sobre a blindagem eletrostática, tema que será abordado na próxima aula.

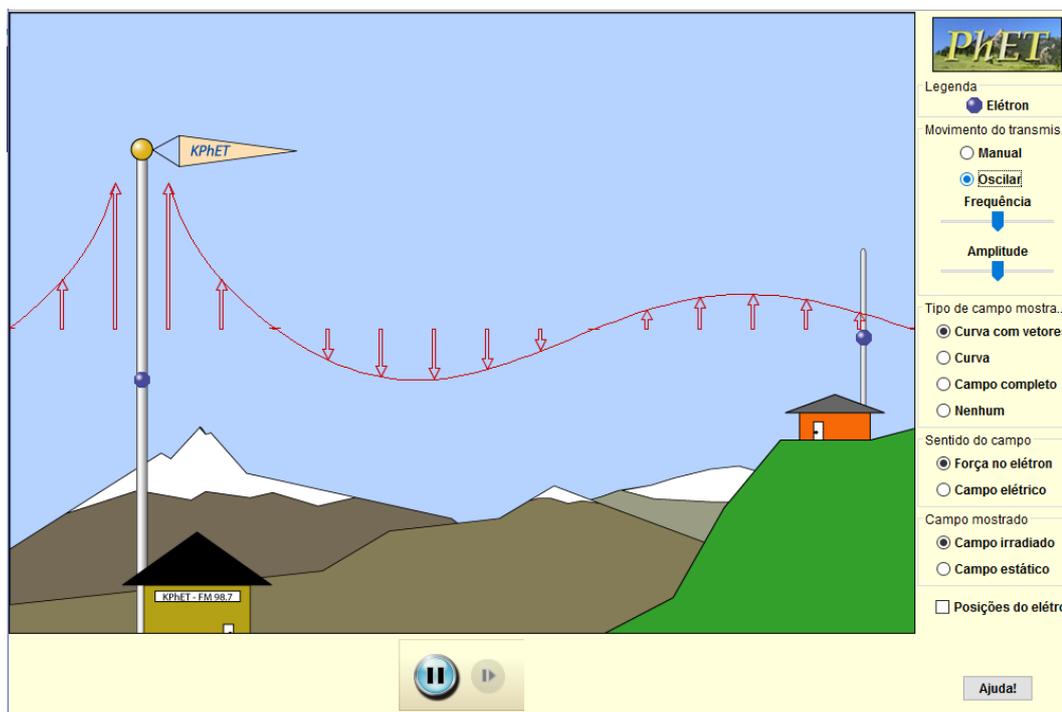


Figura 15: Simulação da propagação de uma onda de rádio. Fonte: Phet Colorado.

### Blindagem eletrostática e interferência de ondas eletromagnéticas (aula 16)

A atividade proposta consiste em simular a interferência em ondas de rádio FM e verificar experimentalmente a relação entre a distância da fonte emissora e o aparelho

<sup>25</sup>Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/radio-waves](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/radio-waves).

<sup>26</sup> Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro5.pdf>.

receptor. É necessário um repetidor FM, uma fonte de alimentação 12V (utilizamos uma bateria de 12V e 5A), uma caixa de papelão, papel alumínio e um rádio que capta FM.

Deve ser utilizado o papel alumínio de maneira a envolver todo o rádio, porém com o cuidado de não manter o contato entre o papel e a antena. A opção de envolver uma caixa de papelão com o papel alumínio evita o contato entre a antena e o papel alumínio. O papel alumínio ou outra superfície metálica reflete as ondas eletromagnéticas evitando assim que elas sejam captadas pela antena do rádio. Este experimento é conhecido como blindagem eletromagnética e é um experimento simples de fácil acesso.

No experimento os alunos podem sintonizar uma estação de rádio conhecida e utilizar o repetidor para transmitir a mídia contida em arquivo conectado no repetidor de modo a provocar a interferência entre as ondas. O rádio (aparelho) deve reproduzir com interferência a estação selecionada, ao distanciar o repetidor FM do rádio a interferência diminui até cessar. Ao redefinir a frequência emitida pelo repetidor os alunos podem fazer a sintonia da estação livres de interferências.



Figura 16 e 17: repetidor FM emitindo em 102,6 MHz e rádio (aparelho) sintonizado na frequência do repetidor.

Logo, deve ficar evidente que cada estação de rádio nas cidades deve ter frequência distinta. O alcance de cada estação depende diretamente da potência de transmissão e é influenciada por aspectos geográficos do relevo. As questões que surgem decorrentes desta aula são: por que as antenas de emissoras de rádio e televisão geralmente são colocadas em locais de maior altitude? Quais os riscos que as estações “piratas” podem oferecer?

### Retomada: o espectro eletromagnético (aula 17)

Nesta aula, o espectro eletromagnético e os diversos tipos de radiações constituem o foco principal da atividade. Os alunos devem refazer a mesma atividade que realizaram na aula 5, em que deveriam dividir uma folha em duas partes e inserir as diversas ondas que fazem parte do dia-a-dia, classificando-as em ondas mecânicas ou ondas eletromagnéticas.

### Produção de texto sobre o rádio de Galena e as ondas eletromagnéticas (aula 18)

Os alunos deverão produzir um texto em forma de carta a um parente ou amigo relatando como foram as aulas de Física. A produção inicia-se em sala e pode ser finalizada em casa. A questão central é que o aluno apresente o máximo de informações relevantes sobre as atividades, como forma de estruturar e auxiliar o desenvolvimento da atividade, uma breve explanação da atividade que o aluno deve realizar e algumas palavras-chave para auxiliá-lo na organização do texto. A atividade encontra-se a seguir:

Prezado aluno, o objetivo desta atividade é redigir um texto sobre o tema ondas eletromagnéticas e o rádio de Galena. Para facilitar seu trabalho algumas palavras são sugeridas (não significa que seu texto deve conter todas as palavras a seguir) como forma de orientar seu texto. O texto pode ser na forma de carta (imagine que você está escrevendo a um amigo ou colega sobre nossas aulas). Coloque a maior quantidade de informação possível sobre os conceitos que estudamos durante o 2º bimestre. Não copie da internet, sobre o que você estudou. Faça conforme sua compreensão sobre os diversos assuntos que estudamos. Confio na dedicação de vocês em mais uma atividade relacionada à pesquisa em desenvolvimento na escola. As palavras sugeridas são:

**Rádio de Galena, Propagação, frequência, comprimento de onda, interferência, ondas sonoras, ondas mecânicas, vibração, circuito, antena, velocidade de propagação, fase, rádio (aparelho), estação de rádio, sintonia, blindagem eletrostática, AM (amplitude modulada), vácuo, campo magnético, alto-falante, som, simulação, Lei de Faraday-Lenz, Experiência de Oersted, bússola, linhas de campo, limalha de ferro, telecomunicações.**

## Considerações finais

As atividades propostas aos alunos mudam a rotina da escola e desmistificam a ideia de que a Física é algo distante da realidade. Os experimentos e as simulações exploram a curiosidade, a parte lúdica da ciência, as leituras retiradas do GREF (1993) têm uma linguagem acessível e priorizam o entendimento de conceitos. A Física que reprova e exige cálculos complexos, tida como a matéria mais difícil do ensino médio, pode dar lugar a uma Física da realidade vivenciada pelos alunos. Ou seja, uma ciência na qual os conceitos são formados a partir de atividades diversas, como experimentações, simulações, exploração sistemática de textos, levando em consideração o conhecimento do cotidiano, o qual é importante, conforme Vygotsky (1998), no desenvolvimento de conceitos científicos.

O professor, nesse processo de ensino-aprendizagem, é um gestor que media o conhecimento através do diálogo. Os alunos, para conseguirem resolver um dado problema ou para compreender o funcionamento dos objetos tecnológicos, recorrem ao conhecimento científico. A motivação em aprender surge das atividades orientadas pelo professor/pesquisador. O ensino praticado prioriza o aprendizado de conceitos, possibilitando o crescimento e desenvolvimento cognitivo dos alunos.

As diversas atividades em duplas ou grupos e as intervenções do professor favorecem o desenvolvimento, considerando a Zona de Desenvolvimento Proximal de Vygotsky (1998) onde as intervenções e auxílio dos mais capacitados pode promover o desenvolvimento. Foi observado que alguns alunos apresentam melhor desenvolvimento quando realizam atividade em grupos e contam com auxílio de colegas que apresentam maior domínio sobre o assunto.

O aprendiz, através das atividades planejadas e estruturadas na SD, constrói o significado dos conceitos. Ocorre que o ensino em modo tradicional, aulas apenas expositivas e com foco em resolução de cálculos, não forma conceitos, apenas técnicas de resolução de problemas de aplicação.

Enfim, buscamos desenvolver um produto de pesquisa que esteja em consonância com os anseios da comunidade escolar, por aulas diferenciadas e mais atrativas, e que possa ser explorado em escolas mesmo sem investimentos em recursos para laboratórios.

O ensino proposto pela SD aborda conteúdos de ondas mecânicas, eletromagnéticas e eletromagnetismo conforme é previsto nos documentos normativos da educação básica.

## Referências

- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.P.; PERNAMBUCO, M.M. **Ensino de Ciências: fundamentos e métodos**. São Paulo: Cortez, 2002 (Coleção Docência em formação).
- FIGUEIREDO, A.; TERRAZZAN, E. **Revista Ensino de Ciências**. nº17. 1987. Disponível em: [http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=rec&cod=\\_olaboratorioemcasaradio-](http://www.cienciamao.usp.br/tudo/exibir.php?midia=rec&cod=_olaboratorioemcasaradio-) Acesso em: junho 2016
- REF. **Física**. 3 volumes. São Paulo: EDUSP, 1993. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/pagina01.html>
- PHET. **Simulações Interativas da Universidade de Colorado**. Disponível em: [https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/](https://phet.colorado.edu/pt_BR/)
- VYGOTSKY, L. S. **A formação social da mente: o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores**. 6ª ed. São Paulo. Martins Fontes. 1998.

## Bibliografia Consultada

- ARAÚJO, M.S.T.; ABID, M.L.V.S. **Atividades experimentais no ensino de Física: diferentes enfoques, diferentes finalidades**. Revista Brasileira de Ensino de Física. V. 25, n 2, 2003. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/rbef/v25n2/a07v25n2> Acesso em março. 2016
- AUTH, M.A.; BASTOS, F.P. MION, R.A.; SOUZA, C.A.; FOSSATTI, N.B.; SPANNEMBERG, E.G.; WOHLMUTH, G. **Prática educacional dialógica em física via equipamentos Geradores**. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.12, 1995.
- BONADIMAN, H.; AXT, R.; BLUMKE, R.A.; VINCENSI, G. **Difusão e popularização da ciência. Uma experiência em Física que deu certo**. XVI Simpósio Nacional de Ensino de Física. 2004. Disponível em: [http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/\\_difusaoepopularizacaodac.trabalho.pdf](http://www.cienciamao.usp.br/dados/snef/_difusaoepopularizacaodac.trabalho.pdf) Acesso em: março 2016
- BRASIL, MEC, **Diretrizes Curriculares Nacionais da Educação Básica**: MEC, SEB, DICEI, 562p., 2013.
- \_\_\_\_\_. **PCN+ ensino médio: orientações educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais**. Vol. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: MEC/Semtec, 2005.
- DELIZOICOV, D.; ANGOTTI, J.P. **Metodologia do ensino de ciências**. São Paulo: Cortez, 1992. 2ª. ed. (Coleção Magistério 2º grau. Série formação do professor).
- GEHLEN, S.T.; AUTH, M.A.; AULER, D. **Contribuições de Freire e Vygotsky no contexto de propostas curriculares para a Educação em Ciências**. Revista Electronica de Ensenanza de las Ciências vol. 7, nº1. 2008.
- HECKLER, V. **Uso de simuladores e imagens como ferramentas auxiliares no ensino/aprendizagem de ótica**. 2004. 229f. Dissertação (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física). Instituto de Física. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2004.

HOHENFELD, D. P. **As tecnologias de informação e comunicação nas aulas de Física do ensino médio: uma questão de formação.** 2008. 120f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História das Ciências). Instituto de Física. Universidade Federal da Bahia e Universidade Estadual de Feira de Santana. Salvador. 2008.

MARTINS, J.C. **Vigotski e o papel das interações sociais na sala de aula: reconhecer e desvendar o mundo.** Disponível em: [http://www.crmariocovas.sp.gov.br/dea\\_a.php?t=002](http://www.crmariocovas.sp.gov.br/dea_a.php?t=002). Acesso em jun. 2016.

MION, R.; ANGOTTI, J. A. P. Equipamentos Geradores e a Formação de Professores de Física. In: **Prática de Ensino de Física.** ANGOTTI, J. A. P.; REZENDE JUNIOR, M. F. (Orgs.). Florianópolis: Laboratório de Ensino de Física à Distância, 2001. p. 91-116.

VALENTE, J.A. **Por Quê o Computador na Educação?** Campinas. Unicamp. 1993. Disponível em: [http://www.ich.pucminas.br/pged/db/wq/wq1\\_LE/local/txtie9doc.pdf](http://www.ich.pucminas.br/pged/db/wq/wq1_LE/local/txtie9doc.pdf)