



INSTITUTO FEDERAL DO RIO GRANDE DO NORTE
CAMPUS NATAL – CENTRAL / DIRETORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO
MESTRADO NACIONAL PROFISSIONAL EM ENSINO DE FÍSICA

Dissertação de Mestrado

**Utilizando elementos de radioamadorismo no ensino de ondas
eletromagnéticas**

Por

Maria Aparecida da Silva Lino

Natal

2020

Utilizando elementos de radioamadorismo no ensino de ondas eletromagnéticas

Maria Aparecida da Silva Lino

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Jacques Cousteau da Silva Borges

Natal
2020

Utilização de elementos de radioamadorismo no ensino de ondas eletromagnéticas

Maria Aparecida da Silva Lino

Orientador: Jacques Cousteau da Silva Borges

Dissertação de Mestrado submetida ao Programa de Pós-Graduação Mestrado Profissional em Ensino de Física, no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Aprovada por:

Prof. Jacques Cousteau da Silva Borges, D. Sc, Presidente
IFRN Campus Natal Central

Prof. Carlos Chesman de Araújo Feitosa, D. Sc, Examinador Externo
DFTE - UFRN

Tibério Magno de Lima Alves, D. Sc, Examinador Interno
IFRN Campus Natal-Central

Bruno Lustosa de Moura, D. Sc, Examinador Interno
IFRN Campus Natal-Central

Natal, RN
Outubro de 2020

Esta página é reservada para a ficha catalográfica. Deve ser inserida tal como foi repassada pelo bibliotecário. Não deve conter a indicação de “ficha catalográfica” no topo da página.

*Aos meus pais, com muito amor que
existe em mim...*

Agradecimentos

Primeiramente ao meu Deus todo poderoso, por operar na minha vida e me dá força para não desistir dos meus sonhos.

Ao meus pais, Vitória e Marivaldo por sempre me apoiar e incentivar nos meus estudos.

Ao meu irmão, Mário César, por me incentivar e apoiar nos momentos difíceis nos meus estudos.

A todos os membros da minha família que colocaram os meus estudos em suas orações.

As minhas amigas Candice e Cleciana pelas palavras de incentivo nos momentos de exaustão.

Ao meu amigo Marcelo por todo apoio e incentivo durante a minha vida acadêmica.

Aos meus colegas de mestrado, em especial, aos amigos Eliane, Jandson e Isabela, por todo apoio, incentivo e compartilhar conhecimentos em horas de estudo.

Aos professores Flávio Urbano e Jacques Cousteau por terem me incentivado a participar da seleção deste mestrado.

Ao meu orientador Jacques Cousteau por toda a dedicação e atenção.

A todos os professores do MNPEF.

A professora Isabela Catarina por ter me cedido a sua turma.

A Escola Estadual Maurício Freire e os alunos por me permitir realizar este trabalho.

A todos que me apoiaram nessa jornada.

Resumo

Este trabalho tem como finalidade apresentar uma proposta de ensino contextualizada a respeito do conteúdo de ondas eletromagnéticas com enfoque no espectro das ondas de rádio, através da elaboração, implementação e avaliação de uma sequência de aulas baseadas na teoria de aprendizagem de Robert Gagné. Nesta proposta de ensino contextualizado foi utilizado elementos do radioamadorismo contando com três momentos experimentais, sendo o primeiro o rádio galena, o segundo o código Morse de uma forma interativa e o terceiro a transmissão na faixa do cidadão. Este trabalho foi implementado em uma turma do terceiro ano do ensino médio, na Escola Estadual Maurício Freire, no município de São Paulo do Potengi, com a finalidade de despertar nos discentes o interesse em estudar este fenômeno tão presente no cotidiano que são as ondas eletromagnéticas, especialmente as ondas de rádio. Além de procurar acabar com a visão de que os conceitos físicos não estão presentes no dia a dia.

Palavras-chave: Gagné, ondas eletromagnéticas, experimentos, ondas de rádio, radioamador.

Abstract

This work aims to present a contextualized teaching proposal regarding the content of electromagnetic waves with a focus on the radio wave spectrum, through the development, implementation and evaluation of a sequence of classes based on the learning theory of Robert Gagné. In this contextualized teaching proposal, elements of amateur radio were used, with three experimental moments, the first being the galena radio, the second using the Morse code in an interactive way and the third transmitting in the citizen band. This work was implemented in a class of the third year of high school, at Escola Estadual Maurício Freire, in the municipality of São Paulo do Potengi, in Rio Grande do Norte, Brazil, with the purpose of awakening in students the interest in studying this phenomenon so present in everyday life that are electromagnetic waves, especially radio waves. In addition to seeking to end the view that physical concepts are not present in everyday life.

Keywords: Gagné, electromagnetic waves, experimental moment, radio waves.

Lista de figuras

Figura 1 - Hierarquia de aprendizagem do produto educacional, segundo a teoria de Gagné.	18
Figura 2 - Diagrama básico do circuito do rádio galena.....	23
Figura 3 - Circuito do rádio galena já montado.....	23
Figura 4 - Fone de cristal utilizado.....	24
Figura 5 - Testando o rádio galena.	24
Figura 6 - Esquema gráfico da amplitude modulada.....	31
Figura 7 - Esquema gráfico da frequência modulada.....	32
Figura 8 - Modelo de manipulador do código Morse.....	33
Figura 9 - Modelo de antena Yagi-Uda.....	37
Figura 10 - Antena Log periódica.....	37
Figura 11 - Propagação de ondas de radiofrequência na atmosfera terrestre.	38
Figura 12 – Esquema do circuito RC em série.	46
Figura 13 – Gráfico da corrente e carga do capacitor em função do tempo no processo de carga.	49
Figura 14 – Gráfico da corrente e carga do capacitor em função do tempo no processo de descarga.	51
Figura 15 – Ilustração de uma onda eletromagnética com propagação ao longo do eixo Oz. .	57
Figura 16 - Esquema do circuito RLC em série.	58
Figura 17 - Gráfico do circuito RLC quando a corrente elétrica cai exponencialmente indicando um comportamento subamortecido.	62
Figura 18 - Capacitor em carregamento criando corrente de deslocamento.	63
Figura 19 - Animação do diagrama do circuito LC.....	67
Figura 20 - Momento da explicação do circuito LC.....	68
Figura 21 - Momento da apresentação do rádio galena.....	70
Figura 22 - Principais sinais da transmissão do código morse.....	71
Figura 23 - Execução do momento experimental da transmissão do código morse.....	71
Figura 24 - Mesa com os equipamentos para a prática de radioamadorismo.....	73
Figura 25 - Transmissão com os rádio VHF/UHF UV-5 Baofeng.....	74
Figura 26 - Comunicação em outras faixas do radioamadorismo.	75
Figura 27 - Momento da transmissão na faixa do cidadão.....	75

Lista de tabelas

Tabela 1 - Eventos da aprendizagem de Gagné.....	16
Tabela 2 - Alguns sinais utilizados na transmissão do Código Morse.	33
Tabela 3 - Espectro de radiofrequência.	34
Tabela 4 - Estrutura da sequência didática.	65

Sumário

1	INTRODUÇÃO	12
2	REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1	TEORIA DE APRENDIZAGEM DE GAGNÉ.....	15
2.2	SKINNER VERSUS GAGNÉ.....	18
3	UM POUCO SOBRE O RADIOAMADORISMO E O RADIOCIDADÃO.21	
3.1	RÁDIO GALENA.....	22
3.1.1	<i>Como funciona o rádio galena?</i>	24
3.2	ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO E SUAS APLICAÇÕES	25
3.2.1	<i>Raios gama (γ)</i>	25
3.2.2	<i>Raios-X</i>	26
3.2.3	<i>Ultravioleta</i>	27
3.2.4	<i>Espectro de luz visível</i>	27
3.2.5	<i>Infravermelho</i>	28
3.2.6	<i>Micro-ondas</i>	28
3.2.7	<i>Ondas de rádio</i>	29
3.3	MODULAÇÃO.....	30
3.4	SUB-FAIXAS DAS ONDAS DE RÁDIO	34
3.5	ANTENAS.....	35
3.6	PROPAGAÇÃO DAS ONDAS DE RÁDIO.....	37
4	A IMPORTÂNCIA DE ATIVIDADES EXPERIMENTAIS NO ENSINO DE FÍSICA	40
5	ESTUDOS DOS CONCEITOS ABORDADOS NA APLICAÇÃO DO PRODUTO EDUCACIONAL	46
5.1	CARGA E DESCARGA NO CAPACITOR.....	46
5.1.1	<i>Processo de carga</i>	46
5.1.2	<i>Processo de descarga</i>	49
5.2	CORRENTE DE DESLOCAMENTO	51
5.3	EQUAÇÕES DE MAXWELL COMPLETAS NO MEIO LIVRE	53
5.3.1	<i>Comprovação experimental de Hertz</i>	57

5.4	CIRCUITO RLC	58
5.5	TRANSPOSIÇÃO PARA O ENSINO MÉDIO	62
5.5.1	<i>Corrente de deslocamento a nível de ensino médio</i>	62
5.5.2	<i>Circuito RLC</i>	63
6	PRODUTO EDUCACIONAL	64
6.1	CONTEXTO DA PESQUISA	65
6.2	DESCRIÇÃO DA TURMA	66
6.3	APLICAÇÃO DO PRODUTO	66
7	RESULTADOS E DISCUSSÕES	77
7.1	ATIVIDADE AVALIATIVA I: LISTA DE EXERCÍCIO	77
7.2	ATIVIDADE AVALIATIVA II: RELATÓRIO	78
7.3	ATIVIDADE AVALIATIVA III: TESTE	80
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	83
	REFERÊNCIAS.....	85
	APÊNDICE A – ATIVIDADES AVALIATIVAS	87
	APÊNDICE B – PRODUTO EDUCACIONAL	94

1 Introdução

O ensino de física ainda apresenta em sua maioria a transmissão de conceitos e leis em que são aplicadas equações para resolução de problemas. Este método de ensinar dificilmente faz a ligação do conteúdo com a realidade, priorizando que os discentes memorizem os conteúdos para alcançar resultados favoráveis ou não em uma avaliação futura.

Contudo, a física, por estudar os fenômenos naturais tem como papel contribuir para que os discentes a entendam como um conhecimento de suma importância para construir a capacidade de saber estabelecer relações entre a teoria e o cotidiano. Assim, o ensino por memorização acaba desmotivando a compreensão desta disciplina ao distanciar o conteúdo da realidade.

Este trabalho tem também como fundamentação o Art. 35 da Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional (LDB) nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996, em que garante a educação básica do ensino médio as finalidades de:

I – a consolidação e o aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;

II – a preparação básica para o trabalho e a cidadania do educando, para continuar aprendendo, de modo a ser capaz de se adaptar com flexibilidade a novas condições de ocupação ou aperfeiçoamento posteriores;

III – o aprimoramento do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico;

IV – a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina. (BRASIL, 1996).

O conteúdo programático do eletromagnetismo está subdividido em quatro ciclos de aprendizagem: a eletrostática, a eletrodinâmica, a indução eletromagnética e as ondas eletromagnéticas. O 4º ciclo, embora seja fortemente recomendado o seu estudo pelos documentos norteadores dos currículos de ensino médio, possui temática ainda pouco explorada tanto pelos docentes como pelos livros didáticos.

Nesse contexto, o objetivo principal ao elaborar este trabalho foi criar uma proposta metodológica revisando o 3º ciclo de aprendizagem para adentrar no 4º ciclo de aprendizagem do conteúdo programático de eletromagnetismo, a nível de ensino médio, com enfoque no detalhamento do espectro eletromagnético das ondas de rádio. Na busca de aproximar esse conteúdo com a realidade dos discentes por meio da contextualização.

Como também, fazer consonância com as necessidades da BNCC ao focalizar a interpretação de fenômenos naturais e processos tecnológicos. Possibilitando, desta forma, a apropriação de conceitos, procedimentos e teorias referente as ciências da natureza contribuindo com a construção de uma base de conhecimentos contextualizados. De modo que os discentes percebam que estudar física não está fora da sua vida cotidiana.

Os meios comunicativos são bastantes utilizados pelos discentes no seu dia a dia, no entanto, os princípios científicos básicos a respeito do funcionamento desses crescentes avanços tecnológicos ainda são na sua maioria desconhecidos pelos discentes. Portanto, esse também foi um dos motivos que levou a trabalhar essa temática em sala de aula, já que o estudo detalhado do espectro das ondas de rádio é de certa forma destinados ao pessoal das telecomunicações. Assim, promover no ensino de física o conhecimento científico relacionado com a realidade dos discentes de forma simples pode favorecer a aprendizagem desses conteúdos e fazer com que os discentes saibam estabelecer a ligações do conteúdo com a realidade.

Esta proposta de ensino foi aplicada na Escola Estadual Maurício Freire, no município de São Paulo do Potengi – RN, sendo dividida em quatro encontros, entre o período do mês de outubro e novembro de 2019.

Esta dissertação está estruturada em oito capítulos. Neste primeiro capítulo trata-se do processo introdutório para este trabalho, apresentando o objetivo principal e a motivação. O segundo capítulo está destinado ao referencial teórico utilizado, dividido em dois tópicos, a teoria de aprendizagem de Gagné e Skinner versus Gagné. No primeiro tópico é apresentado a teoria de Gagné que possui como base o comportamentalismo e o construtivismo, enquanto, no segundo tópico diferencia a teoria de Skinner da de Gagné.

O terceiro capítulo apresenta um breve relato sobre a prática do radioamadorismo e o radiocidadão, bem como subtópicos com conteúdo de física básica necessário para compreender o estudo da prática de radioamadorismo. No quarto capítulo, fala-se a respeito da importância das atividades experimentais, relatando como a física se desenvolveu ao longo dos anos como ciência e a relevância desta prática metodológica no processo de ensino-aprendizagem. O quinto capítulo refere-se ao estudo dos conceitos físicos abordados no produto educacional a nível superior com base em algumas bibliografias utilizadas no ensino superior.

No sexto capítulo, intitulado de produto educacional, mostra a estrutura da sequência didática das aulas, no qual está dividido em três tópicos: contexto da pesquisa, descrição da turma e aplicação do produto. Este último relata detalhadamente a intervenção em sala de aula. Já o sétimo capítulo, refere-se à descrição dos Resultados e discussões, justificando as evidências observadas durante todo o processo de ensino-aprendizagem da proposta.

A dissertação é concluída com o oitavo capítulo, onde são feitas as considerações finais a respeito de todo o trabalho valorizando a importância de momentos experimentais no ensino de física.

2 Referencial teórico

Este trabalho teve como base a teoria de aprendizagem de Robert Gagné como forma de fundamentar e auxiliar o estudo dos conceitos estudados na aplicação da sequência didática proposta. Visando uma melhor adequação as características da turma para ser, por assim dizer, bem-sucedido e alcançar os resultados esperados. A seguir, será relatado um pouco sobre essa teoria abordando aspectos importantes que foram referência para a escolha da mesma. Também neste capítulo está apresentado um tópico que retrata um pouco sobre a teoria de Skinner contrastando com a de Gagné, pois ambos abordam o comportamentalismo, porém com visões do processo de ensino-aprendizagem diferentes.

2.1 Teoria de aprendizagem de Gagné

O psicólogo norte-americano Robert Mills Gagné (1916-2002), atuou como professor da Universidade da Flórida e foi diretor do Laboratório de Habilidades Motoras da Força Aérea dos EUA. Apesar de não ter a intenção de criar uma nova teoria de aprendizagem, ganhou importância ao estudar as condições de aprendizagem.

Para Robert Gagné a aprendizagem trata-se de uma mudança comportamental persistente que ocorre quando há a interação do indivíduo com o ambiente externo. Ou seja, “a aprendizagem é algo que se realiza “dentro da cabeça” do indivíduo” segundo Moreira (1999, p. 66). Essa teoria de aprendizagem encontra-se entre a abordagem behaviorista e a cognitivista visto que ela analisa tanto o comportamento do indivíduo como o que ocorre na sua estrutura cognitiva, como também aborda estímulos, respostas e estimulação do ambiente.

De acordo com Moreira (1999, p. 65) “trata-se de uma teoria na medida em que procura relacionar e/ou unificar princípios de aprendizagem de modo a explicar fatos específicos observados”. Dessa forma, foi escolhido trabalhar com alguns princípios dessa teoria para estudar os conceitos físicos sobre as ondas eletromagnéticas, principalmente as ondas de rádio, em uma abordagem cotidiana.

Para Gagné a aprendizagem somente se consolida quando o aprendiz consegue responder e receber estímulos externos proveniente do ambiente fazendo com que ocorra mudanças significativa do desenvolvimento de estruturas internas do seu cognitivo. Dessa forma, o ato de aprendizagem é antecedido e seguido por eventos de aprendizagem

apresentando oito fases e processos que ocorrem internamente. Abaixo mostra a tabela 1 com esses eventos.

Tabela 1 - Eventos da aprendizagem de Gagné.

Fases	Processos
Motivação	Expectativa
Apreensão	Atenção; percepção seletiva
Aquisição	Codificação; entrada de armazenamento
Retenção	Armazenamento na memória
Rememoração	Recuperação
Generalização	Transferência
Desempenho	Resposta
Retroalimentação	Reforço

Fonte: (MOREIRA, 1999).

De acordo com esses eventos para que a aprendizagem ocorra deve-se primeiro existir a motivação aos discentes. Esta é a fase que prepara o ato da aprendizagem gerando o processo de expectativa, que nada mais é do que informar os objetivos aos alunos para serem alcançados. Um meio de motivar o estudo de tal conhecimento ou conceito é aproximar o que está sendo estudado com o cotidiano. A fase de apreensão trata-se da responsabilidade dos alunos prestarem atenção no que é relevante para alcançar os objetivos propostos, onde selecionam e aprendem caracterizando o processo de atenção e percepção seletiva.

A fase de aquisição de acordo com Moreira (1999) Gagné a denomina de fase incidente da aprendizagem. Nesta fase, envolve o processo da codificação em que o aprendiz absorve a informação na memória de “curta duração” transformando-a posteriormente através da contextualização cotidiana na memória de “longa duração”. Esse processo de codificação do conteúdo aprendido é então armazenado na memória constituindo a seguinte fase dos eventos da aprendizagem, a retenção.

Para consolidar a mudança de comportamento persistente, existe a fase de rememoração, relembando o que foi aprendido do conhecimento ensinado exibindo assim o desempenho do discente envolvido no processo de recuperação. Este processo trata-se da retomada do conteúdo estudado no início de cada aula ou no decorrer da aula. Na fase de generalização, o processo envolvido é o de transferência, onde o aprendiz sabe usar o que foi aprendido em outro contexto. Neste caso um exemplo desse processo é o discente saber resolver exercícios propostos com

diferentes contextos. O desempenho é a fase que se faz pelo ato da aprendizagem em que o processo envolve a resposta do aluno.

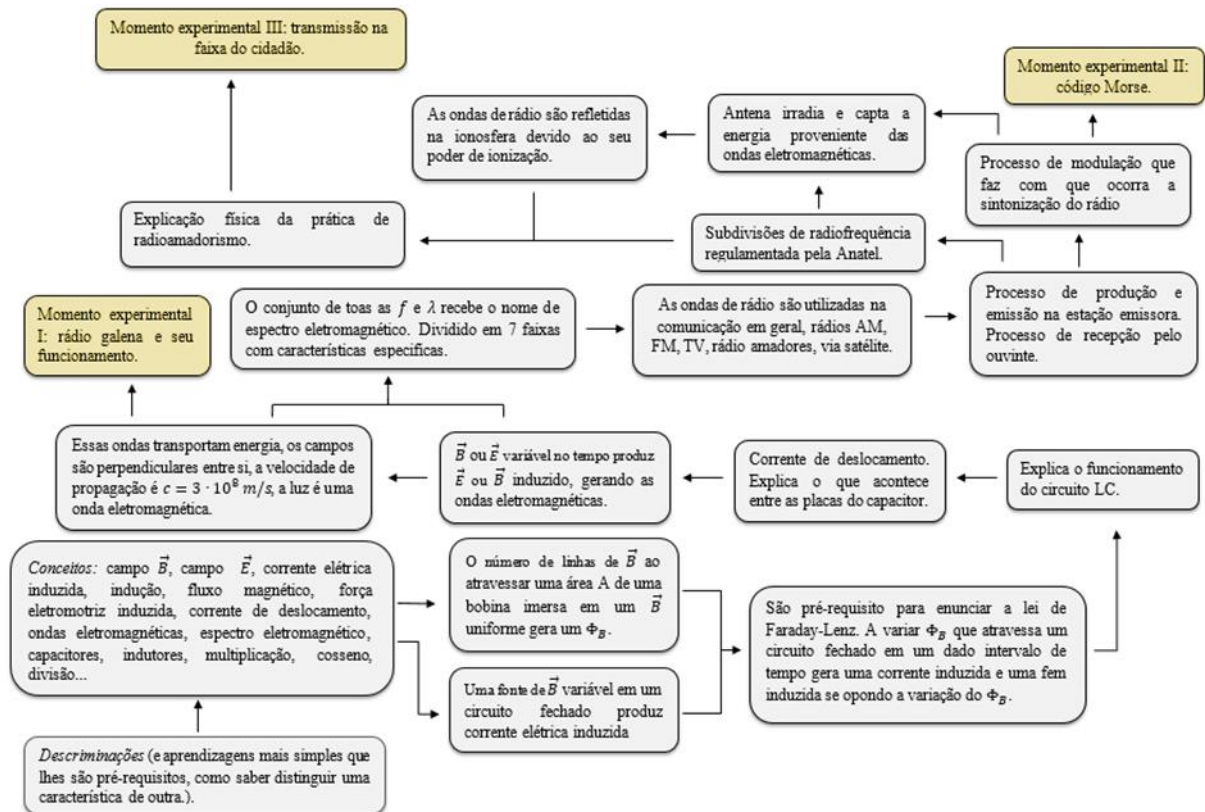
Já a fase da retroalimentação (feedback) mostra o desempenho do aluno para o professor comprovando se ocorreu a aprendizagem propriamente dita, modificando o seu comportamento.

Uma vez que o aluno exibiu o novo desempenho, tornado possível pela aprendizagem, ele imediatamente percebe que atingiu o objetivo antecipado. Esta retroalimentação (conhecimento dos resultados da aprendizagem) informativa é o que teóricos da aprendizagem consideram a essência do processo denominado reforço. (MOREIRA, 1999, p. 69).

Para Gagné existe cinco tipos de capacidades humanas que podem ser aprendidas ao qual ocorre os resultados de aprendizagem: a informação verbal, remete a capacidade do discente em exprimir o que ele conseguiu aprender a respeito do que foi estudado, ou seja, consegue declarar por escrito o conteúdo aprendido; habilidades intelectuais, estabelecem o “saber como” com o “saber o que” de uma informação; estratégias cognitivas, capacidade interna do aprendiz para comandar a sua aprendizagem organizando seus pensamentos, ações e sentimentos; atitudes, escolhas de ação pessoal orientadas de acordo com a preferência; habilidades motoras, capacidades aprendidas em conexão com atividades humanas que permite a execução.

As habilidades intelectuais são subdivididas em categorias ordenadas desde uma aprendizagem prévia (habilidades simples) que são pré-requisitos para as habilidades mais complexas, relacionadas entre si, constituindo oito tipos de aprendizagem chamadas por Gagné de hierarquias de aprendizagem. São elas: solução de problemas, princípios, conceitos, discriminações múltiplas, associações verbais, cadeias, estímulo-reação, sinais. A solução de problemas está no topo da hierarquia e necessitam de pré-requisitos para interligar um tipo de aprendizagem ao outro, exceto a aprendizagem estímulo-reação que não necessita de pré-requisito da aprendizagem de sinais. Essas hierarquias podem ser aplicadas em qualquer estado da aprendizagem, independente do estágio de desenvolvimento que o discente está. Na figura 1 abaixo tem-se um exemplo dessa hierarquia.

Figura 1 - Hierarquia de aprendizagem do produto educacional, segundo a teoria de Gagné.



Fonte: Autoria própria (2020).

Moreira (1999, p. 78) cita em seu livro de teorias de aprendizagem que:

Processos internos da aprendizagem podem ser influenciados por eventos externos, por estimulação do ambiente do indivíduo, como, por exemplo, explicações do professor ou um livro de texto. Eventos externos que são planejados com o propósito de iniciar, ativar e manter a aprendizagem no aluno, recebem o nome geral de instrução.

Portanto, o professor tem como função instruir os discentes para proporcionar a aprendizagem. Assim, cabe aos professores planejar, administrar e avaliar a eficácia da instrução por um meio avaliativo, onde toma decisões que serão importantes para organizar os eventos externos da aprendizagem.

2.2 Skinner versus Gagné

A teoria de Skinner aborda a mudança do comportamento do indivíduo com base no meio, ou seja, o sujeito é condicionado para os desejos da sociedade. Assemelha o comportamento do indivíduo aos padrões esperados da sociedade que ao se modificar assume o controle inconsciente sobre ele, lhe impondo como agir.

De acordo com que Mizukami (1986) retrata em seu livro, para Skinner uma pessoa deve ser admoestada ou punida quando seu comportamento procede mal e que deve ser elogiada e admirada quando acontece alguma realização bem sucedida, ocorrendo o que ele chamou de estímulo-resposta. Ficou subentendido que a punição ocorre pelo fato do aluno tirar uma nota baixa em alguma atividade realizada, mas cabe ao professor criar estímulos de acordo com os padrões desejáveis à sociedade para que esse aluno não se abale com o resultado obtida e, sim que possui capacidade para obter bons resultados (notas melhores).

Nessa abordagem o professor e a escola planejam a programação do conteúdo ministrado, porém não levam em consideração as etapas intermediárias para se alcançar a aprendizagem de tal conteúdo pelos aprendizes.

Segundo tal abordagem, o professor teria a responsabilidade de planejar e desenvolver o sistema de ensino-aprendizagem, de forma tal que o desempenho do aluno seja maximizado, considerando-se igualmente fatores tais como economia de tempo, esforços e custos. (Mizukami, 1986, p. 31).

Dessa forma, apresentam limitações como: o discente é um ser passivo controlado pelas mudanças do meio; não considera o desenvolvimento cognitivo para a organização do comportamento; o professor controla totalmente a sala de aula sem deixar espaço para o discente manifestar a sua individualidade (exceto no ritmo de aprendizagem), ou seja, o discente deve mostrar resultados e cumprir com o planejado. Assim, para o behaviorista educar significa impor condicionamento ao educando (homem) que é “fruto do meio”.

Contrariamente à posição de Skinner, Gagné se preocupa com o comportamento do aprendiz e também com os processos intermediários entre o estímulo e a resposta. Focalizando no processo ensino-aprendizagem. Enquanto, a abordagem skinneriana se interessa pelo comportamento observável e não o que ocorre na mente do indivíduo durante o processo de aprendizagem, Gagné se preocupa também com o que ocorre na sua estrutura cognitiva, como já visto no subtópico anterior.

Para Gagné a aprendizagem é manifestada pela alteração na mudança comportamental do ser humano que apresenta três elementos importantes: 1) o aprendiz traz consigo capacidades que já foram adquiridas (fator interno); 2) situação estimuladora externa; 3) a resposta resultante da estimulação que faz com que ocorra a mudança. Portanto, a escola para Gagné deve considerar a diversidade e os complexos das capacidades humanas em que o ensino é orientado e para que o ensino seja eficaz, a motivação do aprendiz.

Este trabalho busca formar pessoas detentoras de conhecimento para que hajam na sociedade ativamente, embora a teoria de Gagné ainda não coloque o aluno totalmente no papel de construtor da sua aprendizagem. A escolha dessa teoria visa auxiliar no processo de ensino-aprendizagem por meio da contextualização do conteúdo trazendo conceitos físicos que cercam o dia a dia dos discentes.

3 Um pouco sobre o radioamadorismo e o radiocidadão

O radioamadorismo trata-se de um serviço de telecomunicação de interesse exclusivo de um grupo de pessoas amadoras que necessitam de uma licença para operarem sem interesse comercial e monetário. Para se dizer radioamador é necessário que a pessoa tenha conhecimentos de eletrônica, construção de antenas, entre outros conhecimentos específicos os quais utilizam equipamentos com potências altas para se comunicar. Além de, submeter-se a um exame técnico para adquirir a licença junto à Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações), e desse modo, poder explorar todas as possibilidades disponíveis para esta classe nas faixas de radiofrequência. Para os meios governamentais, as faixas de frequência do radioamadorismo estão divididas em classes A, B e C, necessitando de conhecimentos específicos mais avançados nas classes A e B.

Dentre as faixas de radiofrequência destinadas pela Anatel para a prática de radioamadorismo encontra-se a conhecida faixa do cidadão ou faixa dos 11 metros. Ela, é muito utilizada para comunicações rápidas e de curtas distâncias entre estações fixas e/ou móveis de uso compartilhado por pessoas “naturais”, compreendendo o espectro de frequências entre 26,960 MHz e 27,860 MHz.

A diferença entre o radioamador e o operador do rádio cidadão (também chamado de PX no Brasil) é que a faixa do cidadão para ser utilizada, não necessita de um exame técnico para adquirir a licença, somente de uma prévia autorização da Anatel. Onde se pode tratar de diversos temas livremente. De acordo com a resolução nº 720, de 10 de fevereiro de 2020, em que foi classificado os equipamentos do serviço de rádio cidadão como “radiação restrita” a ANATEL simplificou o processo, sendo necessário apenas o cadastro via site

No entanto, para as pessoas ditas radioamador, por utilizar diversas faixas de frequência e equipamentos mais potentes devem se prestar a um exame técnico para adquirir a sua licença junto ao órgão governamental para operarem nas classes A ou B. No entanto, isso não o impede de também operar na faixa dos 11 metros. Logo, o radioamadorismo nada mais é do que a prática de se comunicar com a utilização de equipamentos mais ou menos potentes independente de qual classe possua autorização ou do transceptor que utiliza.

A faixa do cidadão é regulamentada pela Anatel através da resolução Nº 444 de 28 de setembro de 2006 e está dividida em 60 canais com separação de 10 kHz entre os portadores de canais adjacentes, com largura de banda total de 8 kHz por canal. De acordo com a lei, a

potência máxima para a modulação AM é de 7 watts e para a banda lateral singela (SSB) com portadora suprimida de 21 watts.

A faixa dos 11 metros trata-se das ondas de rádio curtas situada na zona mais alta das frequências altas (HF). Assim, essa faixa além de ser muito utilizada pelos caminhoneiros em rodovias, por pessoas que estão em locais isolados e distantes, bate papo entre usuários dessa faixa, também tem como objetivo atender a situações de emergências que tragam perigo para a vida e transmitir sinais de telecomando para dispositivos elétricos.

3.1 Rádio galena

O rádio galena trata-se de um dispositivo rudimentar simples que não necessita de fontes de energia externa para o seu funcionamento, pois a energia utilizada é proveniente das ondas eletromagnéticas irradiadas pelas antenas emisoras e captadas pela antena do próprio rádio. Embora o rádio galena seja de fácil construção, a explicação a respeito do seu funcionamento é considerada complexa para muitos por possuir um circuito que capta ondas de rádio na modulação AM desde da faixa de frequência de 530 kHz até 1600 kHz. Este rádio foi muito utilizado no século XX nos períodos de guerra.

Este tipo de rádio é assim chamado pois na sua origem utilizava-se o mineral sulfeto de chumbo (PbS). Semicondutor popularmente conhecido como “Galena”, justamente por apresentar uma enorme eficiência na detecção das ondas de rádio, extraindo assim a informação sonora. O semicondutor galena permite que a corrente elétrica passe somente em um único sentido e comporta-se como um filtro que diminui a interferência das outras faixas de radiofrequências.

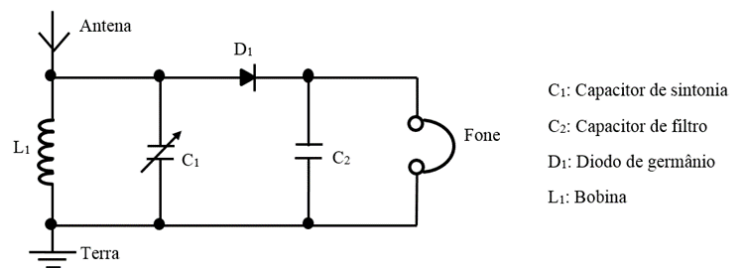
Hoje em dia, no lugar do cristal de galena é bastante utilizado o semicondutor diodo de germânio ou silício por apresentar maior sensibilidade e facilidade de operação. Assim, a ideia principal sobre o funcionamento do rádio galena é a compreensão de que a energia utilizada provém das ondas eletromagnéticas que nos rodeiam.

O circuito do rádio é conectado a uma antena externa (do tipo dipolo) que possua pelo menos 10 metros de comprimento de fio, onde as ondas de rádio são captadas induzindo a corrente elétrica que percorre o fio até chegar ao circuito de sintonia do rádio. Este circuito é formado por uma bobina/indutor e um capacitor permitindo selecionar as estações de rádio por meio de um capacitor variável ou por tomadas na bobina.

Logo após o sinal desejado ser selecionado, a informação passa pelo processo de detecção no diodo de germânio (este dispositivo tem como função transformar a corrente alternada em corrente contínua pulsante com queda de tensão de aproximadamente 0,3 V) ou o cristal de galena. Este processo tem a finalidade de separar os sinais de alta frequência dos de baixa frequência, levando-os para o segundo capacitor que atua como um filtro eliminando os sinais de alta frequência.

Assim, só continua no circuito o sinal de baixa frequência que é encaminhado ao fone de ouvido, onde é feita a conversão do sinal em ondas sonoras. Vale lembrar, que o som reproduzido possui intensidade e qualidade dependente da eficiência da antena, da ligação terra entre a bobina e o primeiro capacitor e da potência e distância da estação. A figura 2 abaixo mostra o diagrama do circuito.

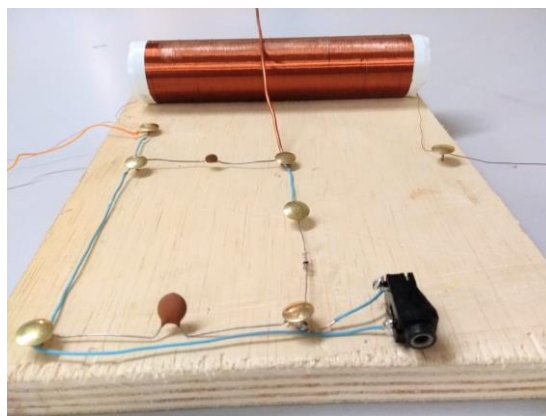
Figura 2 - Diagrama básico do circuito do rádio galena.



Fonte: Autoria própria (2019).

Os materiais necessários para construir o rádio galena e o passa a passo da montagem estão detalhados no primeiro momento experimental do produto educacional, em anexo. Após montado conforme as instruções, o rádio será semelhante ao apresentado na figura a seguir:

Figura 3 - Circuito do rádio galena já montado.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

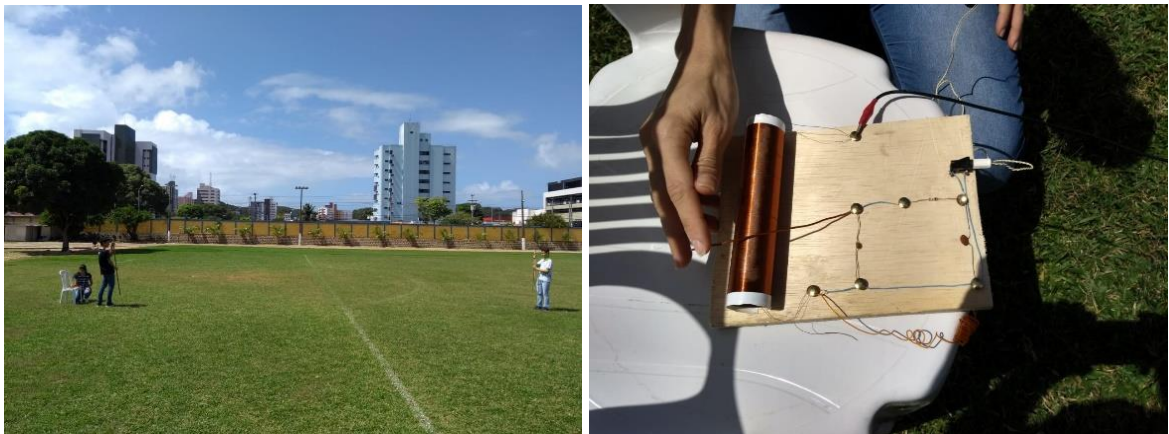
Figura 4 - Fone de cristal utilizado.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Em um ambiente aberto para que o rádio galena funcione é ideal esticar o fio da antena a uma altura de pelo menos 1,5 m, preso a objetos isolantes. Lembrando que uma das extremidades da antena deve ser lixada e conectada a uma das extremidades da bobina, como mostra a figura 5 abaixo.

Figura 5 - Testando o rádio galena.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

3.1.1 Como funciona o rádio galena?

O funcionamento do rádio de galena é composto por quatro processos: a recepção, a sintonia, a detecção e a reprodução.

No processo de recepção, a bobina/indutor ligada a antena capta as ondas de rádio difusão de várias frequências que ao atingir a antena faz com que as cargas elétricas oscilem produzindo corrente elétrica alternada.

No processo de sintonia, a bobina associada ao capacitor de capacitância de 220 pF é o próprio sintonizador. Assim, ao mover o cursor ao longo da bobina varia-se o número de espiras no circuito, e também a frequência de ressonância, permitindo selecionar a frequência de rádio difusão. Dessa forma, a corrente elétrica é alternada e apresenta frequência igual a estação selecionada.

Já no processo de detecção, a corrente do circuito de sintonização é convertida de alternada para contínua ao passar pelo diodo de germânio. Essa onda captada possui duas combinações, a onda portadora e a onda que contém a informação sonora, sendo preciso separá-las para reproduzir melhor o sinal captado. Essa separação ocorre quando os dois sinais dessas ondas passam pelo capacitor de 104 pF, que atua como um filtro, enviando o sinal da onda portadora para a terra e permitindo a passagem do sinal de áudiofrequência para o fone.

E por último, o processo de reprodução acontece no fone, onde o sinal elétrico é transformado em onda sonora.

3.2 Espectro eletromagnético e suas aplicações

É sabido que com o passar dos anos desde a descoberta das ondas eletromagnéticas os estudos relacionados a elas avançaram e hoje existem algumas denominações que embora tenham a mesma natureza possuem características distintas. Por apresentarem frequências e comprimentos de ondas diferentes receberam denominações específicas que fazem parte de um conjunto chamado de espectro eletromagnético. A seguir, será detalhado esse conjunto de ondas eletromagnéticas e algumas de suas aplicações no cotidiano com o intuito de uma melhor compreensão a respeito deste conteúdo.

3.2.1 Raios gama (γ)

Os raios gama apresenta comprimento de onda inferior a 6 pm e frequência maior que 3×10^{19} Hz, por serem originadas da desintegração de núcleos atômicos dos elementos radioativos. Por isso, são as ondas eletromagnéticas de maior energia e maior capacidade de

interação com a matéria. Justamente por possuir elevada energia ao se interagir com a matéria viva pode causar sérios danos as células.

Esse tipo de radiação é amplamente utilizado na medicina para destruir células cancerosas por meio da radioatividade ao introduzir em pacientes acometidos por essa doença radioisótopos artificiais que permite o monitoramento do corpo pelo radiologista, além de permitir a produção de imagens e esterilizar os equipamentos.

No entanto, a emissão dessa radiação no corpo humano deve ser bem controlada, pois pode ocasionar alterações genéticas no paciente e afetar futuramente os seus sucessores. Também é utilizada na esterilização de alimentos nas indústrias alimentícias, onde são controladamente submetidos a raios γ e outras radiações ionizantes para evitar que pequenos microrganismos patogênicos deteriorem os alimentos prologando a vida útil dos mesmos. Existe também outras aplicações em que os raios gama são utilizadas como em armas nucleares, que necessitam de cuidados extremos em seu manuseio.

3.2.2 Raios-X

As ondas eletromagnéticas chamadas de raios-X está na faixa espectral correspondente a comprimentos de onda entre 6 pm e 8,82 nm e sua faixa de frequência corresponde a 3×10^{17} a 3×10^{19} Hz. Foram descobertos no final do século XIX pelo físico alemão Wilhelm C. Röntgen ao realizar experimentos que verificou a propriedade de atravessar materiais de baixa densidade com facilidade e ser absorvido por materiais com elevada densidade. Nos dias atuais, os raios-X tem um campo vasto de aplicações em diagnósticos médicos, controle alfandegário, análise química de materiais, em vários campos da tecnologia, entre muitas outras áreas.

Na medicina é amplamente utilizado nas tomografias computadorizadas e radiografias, principalmente as ortopédicas. Para a visualização da estrutura óssea, os raios-X passam ao lado dos ossos fazendo com que a chapa fotográfica que fica do lado oposta a emissão desses raios se sensibilize e fique escura. Porém, a radiação que atinge a estrutura óssea é absorvida e a chapa não é sensibilizada ficando clara e, produzindo uma sombra na chapa da estrutura óssea desejada. Um procedimento semelhante também é utilizado no controle alfandegário para investigar os conteúdos das malas nos aeroportos e para detectar trincas e fissuras em estruturas metálicas nas industriais.

3.2.3 Ultravioleta

A radiação ultravioleta corresponde a faixa de comprimento de onda entre 8,82 nm e 390 nm e frequência $7,5 \times 10^{14}$ Hz e 3×10^{17} Hz, possui frequências maiores que a última faixa do espectro de luz visível e tem como grande fonte o sol. Essa faixa do ultravioleta é subdividida em três subfaixas que são: a UV-A (faixa de menor energia), a UV-B e a UV-C (faixa de maior energia). A radiação UV-A é emitida pelo sol e produz na pele a melanina, pigmentação responsável pelo bronzeamento. Contudo, a exposição exagerada pode ocasionar o envelhecimento precoce da pele e alergias.

Já os raios UV-B, ao atingir a pele humana pode provocar vermelhidão dilatando os vasos sanguíneos do tecido epitelial do corpo humano causando queimaduras e câncer de pele ao se expor exageradamente a essa radiação, que apresenta intensidade maior no verão. No entanto, os raios UV-B também é muito importante ao organismo por produzir vitamina D. Já a radiação UV-C, é dita como a mais nociva aos humanos, pois a maioria dela é absorvida pela camada de ozônio antes de chegar à superfície terrestre. Porém, devido ao aumento do buraco nessa camada, chega-se a superfície da terra quantidades exageradas de raios UV-C aumentando na população a incidência de doenças dermatológicas e câncer de pele. Contudo, a radiação UV-C é bastante utilizada também na esterilização de equipamentos médicos destruindo bactérias, na desinfecção de alimentos e ambientes por meio de lâmpadas germicidas instaladas nos locais desejados. E dentre muitas outras aplicações, a luz ultravioleta é utilizada na detecção de notas falsas pela luz negra que fica fluorescente quando submetida a essa luz.

3.2.4 Espectro de luz visível

Trata-se do espectro mais estreito das ondas eletromagnéticas, compreendendo a faixa de frequência entre $4,3 \times 10^{14}$ Hz e $7,5 \times 10^{14}$ Hz. Por corresponder a faixa de energia capaz de estimular o olho humano com a informação visual é considerada a mais importante para os humanos, sendo muitas vezes chamada de radiação luminosa. Por ser a mais estreita, essa faixa se estende do violeta ao vermelho possuindo comprimentos de onda que variam de 390 nm a 789 nm, onde está dividido em sete cores perceptíveis (as cores do arco-íris). Ou seja, em uma parte específica do olho humano, a retina, possui uma sensibilidade à radiação eletromagnética com comprimentos de onda por volta de 10^{-6} m e o maior comprimento de onda que nosso olho consegue enxergar é justamente o comprimento correspondente a cor vermelha.

3.2.5 Infravermelho

Radiação eletromagnética que fica abaixo do espectro visível com comprimento de onda entre 1 mm e 789 nm e frequência que varia desde 3×10^{12} Hz a $4,3 \times 10^{14}$ Hz. A sua intensidade depende da temperatura gerada da agitação térmica das moléculas do corpo emissor, onde em alguns casos é chamada de ondas de calor. Assim, todos os corpos são fontes emissoras da radiação infravermelha. Por isso, existe várias aplicações tecnológicas que envolve essa faixa do espectro como a termográfica, binóculos de visão noturna, fotografias térmicas, dispositivos termossensíveis, aquecedores elétricos, entre outros.

Porém, o uso mais simples e cotidiano dessa radiação está nos controles remotos dos equipamentos eletroeletrônicos. Tem a função de enviar pulsos dos raios infravermelhos em linguagem binária ao sensor que se encontra localizado no aparelho eletroeletrônico, ao qual por sua vez, decodifica o sinal enviado pelo controle remoto executando a função solicitada. Outros exemplos que emitem essa radiação que são simples no cotidiano é o ferro de passar roupa, o aquecedor e leitores de códigos de barra.

3.2.6 Micro-ondas

Essas ondas eletromagnéticas possuem frequência maior que as ondas de rádio com comprimento de onda entre 1 m e 1 mm, ou em termos de frequência varia de 3×10^9 Hz a 3×10^{11} Hz. Com isso tem velocidade maior nas oscilações, significando que as informações transmitidas por esse tipo de onda chegam mais rápido e em maior quantidade as antenas receptoras.

No entanto, as ondas de micro-ondas não são refletidas na atmosfera terrestre e sua transmissão é difundida por meio de antenas receptoras e transmissoras que necessitam estarem próximas entre si para que a informação alcance grandes distâncias. Por esse espectro apresentar faixa de frequência maior que o espectro das ondas de rádio, possui a característica de se concentrar mais em uma única direção. De modo que o seu sistema de transmissão necessita que as antenas transmissoras e receptoras estejam alinhadas.

Assim, as micro-ondas tem bastante aplicabilidade na transmissão de informações via satélite com o transporte de sinais de TV, transições telefônicas, em radares, na área médica e em fornos de micro-ondas. Vale salientar que ao contrário dos raios X e raios gama, as micro-ondas não são prejudiciais aos tecidos orgânicos, pois possuem efeitos fisiológicos térmicos.

Entretanto, é recomendado por órgãos da saúde não se submeter a exposição prolongada a emissões com intensidade maior que 5 mW/cm^2 .

Uma das aplicações mais utilizadas atualmente é a transmissão de informações através das redes sem fio, o Wi-Fi (Wireless Fidelity). Sendo possível o acesso a internet sem necessitar de uma rede com fios conectores. Nos transmissores Wi-fi, as ondas de micro-ondas são transmitidas por um adaptador (chamado também de roteador) que recebe os sinais da estação transmissora, onde passa pelo processo de codificação. E logo após, é emitido a partir de uma antena permitindo que o aparelho celular, por exemplo, conecte-se à internet. O governo disponibiliza a faixa de frequência de 2,4 GHz e a de 5 GHz para que a troca de informações aconteça e, dessa forma, quanto mais alta for a frequência, maior será a capacidade do sinal em carregar as informações.

3.2.7 Ondas de rádio

No espectro eletromagnético, as ondas de rádio são as que apresentam o maior comprimento de ondas a partir de 0,3 m e frequência menor que $3 \times 10^9 \text{ Hz}$. Esse tipo de radiação eletromagnética é também conhecido com ondas hertzianas, podem ser geradas por rádio e TV, rádios amadores, pela telefonia móvel, radares, comunicação via satélite, dentre outros.

Com o avanço das tecnologias a utilização do rádio ainda é muito presente no cotidiano das pessoas. Seja ele escutado de forma tradicional através do aparelho ou por meio da internet ainda continua firme a sua utilização no carro, nos meios de transporte público, na cozinha e em tantas outras ocasiões. Estando presente em todos os lugares devido a sua comunicação fácil. Dessa forma, muitas pessoas já tiveram curiosidade sobre o seu funcionamento e abordá-lo em sala de aula como uma forma de contextualizar uma parte do estudo das ondas eletromagnéticas é uma opção para o docente da disciplina de física. Assim como o rádio, a TV também ainda é muito presente na vida do cidadão mostrando o mundo ao vivo e em cores e exercendo a sua influência no dia a dia, sendo utilizada como meio de informação e entretenimento.

Por ter tanta aplicabilidade nos meios comunicativos ao transportar informações através de aparelhos que se é utilizado no dia a dia fazendo uso das ondas de rádio. Essa faixa das ondas eletromagnéticas como também as outras estão presentes no nosso cotidiano. E estudá-la é de grande importância por possuir enorme valor significativo agregado as suas aplicações e ter

amplo uso nas telecomunicações. Daqui em diante o espectro das ondas de rádio será melhor detalhado.

3.3 Modulação

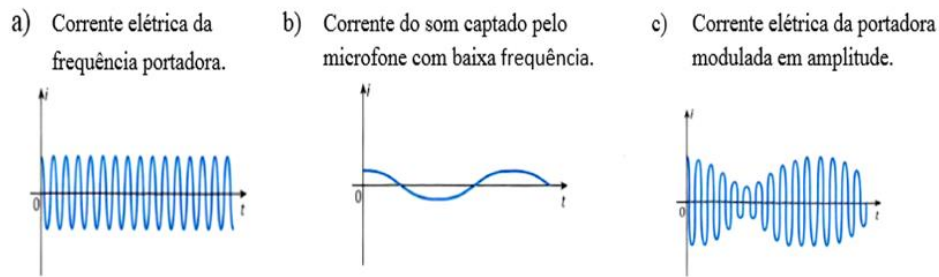
Para que a informação chegue a antena dos aparelhos receptores é necessário codificar a informação. Para isso, a informação quando transformada em corrente elétrica possui baixa frequência não sendo apropriada para a aplicação nas antenas de transmissão. Ao passar pelo circuito oscilante, a antena transmissora gera uma corrente alternada de frequência elevada necessitando de um portador para se propagarem a longas e médias distâncias, a chamada onda portadora (ondas eletromagnéticas de alta frequência). Dessa forma, antes da informação ser enviada a antena precisa passar por esse processo chamado de modulação.

Processo esse que produz alteração na amplitude ou na frequência da onda portadora de forma a ser reproduzida da mesma maneira da corrente elétrica do som transformado. Existem diversos tipos de modulação, porém, os mais comuns são as modulações AM e FM.

Modulação em amplitude (AM) – Os rádios AM utilizam no espectro frequências que variam desde 530 kHz a 1600 kHz. Nessas ondas o que sofre variação é a amplitude da onda portadora, pois de acordo com que a frequência do som emitido oscila, a onda vai sendo modulada. Assim, essa onda sonora eletromagnética sofre modulação na sua amplitude. De modo resumido, nas estações de rádio AM o microfone gera uma corrente elétrica que logo depois de ser amplificada modula no capacitor a corrente do amplificador da radiofrequência, onde está presente dois tipos de corrente elétrica com mesma amplitude, a portadora com alta frequência e a modulada de baixa frequência.

Assim, a corrente portadora tem a função de carregar o capacitor, ora mudando a carga das placas, fazendo com que a corrente alternada criada no circuito oscilante possua a mesma amplitude e frequência que chega a uma das placas seja a que sai da outra. Já, a corrente modulada neste circuito tem a função de variar a intensidade do campo elétrico nas placas do capacitor. Logo, a corrente portadora sofre modulação na amplitude ao sair do capacitor, sendo proporcional a amplitude da corrente moduladora gerando, assim, uma onda eletromagnética de rádio irradiada pela antena transmissora. A figura 6 abaixo mostra graficamente como ocorre esse processo.

Figura 6 - Esquema gráfico da amplitude modulada.



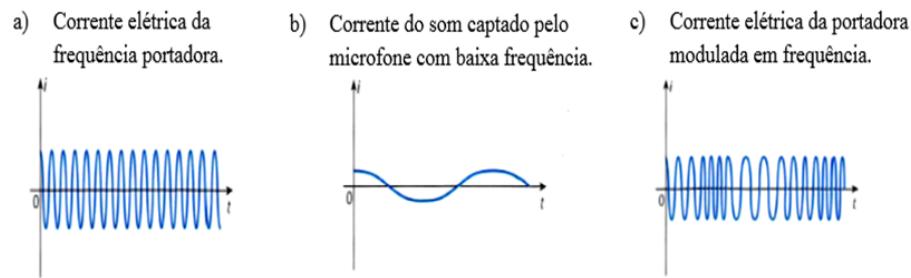
Fonte: Ramalho (2009).

Uma das vantagens da utilização do sinal AM é justamente por possuir em sua onda grande amplitude e baixa frequência alcançando um elevado sinal de propagação.

Também existe um caso especial da modulação AM em que somente uma parte do sinal modulado é utilizado chamado de Faixa Lateral Singela (SSB), sigla oriunda do inglês “Single Side Band”. Como a onda AM viaja no espaço com sinal duplicado, a SSB utiliza somente uma das bandas laterais, a LSB (faixa lateral inferior) ou a USB (faixa lateral superior). Toda a energia utilizada no transmissor na banda lateral desejada é otimizada, permitindo com que o alcance desse sinal seja maior e consuma menos energia que a faixa AM.

Modulação em frequência (FM) – As ondas do rádio FM possuem frequências que variam de 88 MHz a 108 MHz. Neste caso, a frequência é que sofre a variação, pois as informações contidas nas ondas sonoras são moduladas de acordo com as variações da frequência da onda portadora mantendo a amplitude dessa onda constante, devido as compressões e rarefações da onda sonora, como é ilustrado na figura 7 abaixo. Assim, as ondas de sinais FM não sofrem tanta interferência a ruídos quanto as ondas AM, já que a absorção dos ruídos afeta diretamente a amplitude da onda portadora em vez da frequência, sendo assim, ideal para a comunicação. No entanto, os sinais FM são mais difíceis de serem produzidos e possuem curto alcance, sendo este último uma desvantagem para essa modulação.

Figura 7 - Esquema gráfico da frequência modulada



Fonte: Ramalho, 2009.

Portanto, nesse tipo de modulação o capacitor acopla a corrente modulada de frequência baixa fazendo com que a alteração do campo elétrico presente no capacitor cause alteração na frequência da onda portadora. De modo, que a antena receptora capta o sinal reproduzindo corrente com alta frequência a corrente induzidas chega na antena com valor baixo, devido à perda de energia das ondas de rádio irradiadas pelas antenas transmissoras no espaço. Assim, ao ser sintonizada a estação desejada nos rádios FM, o aparelho receptor amplifica o sinal da corrente modulada correspondente a frequência sintonizada recebida pela antena receptora. Devido à corrente de frequência alta ficar oscilando seu sentido, ora positivo ora negativo, passa-se por um detector transformando essa corrente alternada modulada em contínua e pulsante. Somente a parte positiva da oscilação (corrente de frequência baixa) será amplificada, isso permite que a força proveniente da bobina do alto falante tenha sentido único, variando sua intensidade de acordo com a onda sonora emitida.

Como foi dito anteriormente as modulações AM e FM são as mais comuns no nosso cotidiano, porém, existe outra modulação mais simples que foi bastante utilizada, a modulação CW.

Modulação em código Morse (CW) – Desenvolvida por Samuel Finley Breese Morse em 1835. O código Morse é um código binário que foi muito utilizado nos séculos 19 e 20 na transmissão de mensagens através de pontos e traços utilizando pulsos (ou tons) curtos e longos. Esse sistema é representado por letras, números e sinais de pontuação (conforme exposto na tabela 2 abaixo) que ao realizar a combinação correta desses símbolos é possível formar palavras e frases.

Tabela 2 - Alguns sinais utilizados na transmissão do Código Morse.

A	·-	G	--·	M	--	S	···	Y	·-_-	5	····
B	-···	H	····	N	-·	T	-	Z	-_-·	6	-····
C	-·-·	I	··	O	---	U	··-	1	·-_-_-	7	-_-···
D	-··	J	·-_-_-	P	·-_-·	V	···-	2	··-_-	8	-_-_-·
E	·	K	-·-	Q	-_-·-	W	·-_-	3	···-_-	9	-_-_-·
F	··-·	L	·-··	R	·-·	X	-··-	4	····-	0	-_-_-_-

Fonte: A autoria própria (2019).

As mensagens transmitidas por esse tipo de modulação ocorrem somente por meio de pulsos e possui mais energia que as demais modulações. O telegrafo e o radiotelegrafo são uns dos aparelhos que captam essa modulação. O código Morse utiliza a modulação CW, trata-se de uma onda eletromagnética com amplitude e frequência contínua, sendo a mais simples das modulações por transmitir mensagens com mais energia que os demais tipos de modulação.

Porém, este código também pode ser transmitido por sinais luminosos e sinais de braços e bandeirola. Para transmitir esses sinais é necessário um manipulador, aparelho formado por uma chave interruptora que produz um som contínuo com frequência de aproximadamente 1 kHz quando acionada. Na figura 8 abaixo, temos um exemplo desse manipulador dos mais simples aos mais sofisticados existentes no mercado.

Figura 8 - Modelo de manipulador do código Morse.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

3.4 Sub-faixas das ondas de rádio

As ondas de rádio como foi dito anteriormente estão frequentes no cotidiano em transmissões de rádio, TV e internet. Assim, as faixas de frequência são divididas em baixas e altas frequências. A tabela 3 a seguir, mostra as subdivisões da radiofrequência regulamentada e administrada pela Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações).

Tabela 3 - Espectro de radiofrequência.

Frequência	Comprimento de onda	Denominação técnica
3 – 30 Hz	$10^5 - 10^4$ km	ELF (Extremely low frequency)
30 – 300 Hz	$10^4 - 10^3$ km	SLF (Super low frequency)
300 – 3000 Hz	$10^3 - 100$ km	ULF (Ultra low frequency)
3 – 30 kHz	100– 10 km	VLF (Very low frequency)
30 - 300 kHz	10 – 1 km	LF (Low frequency)
300 kHz – 3 MHz	1 km – 100 m	MF (Medium frequency)
3 – 30 MHz	100 – 10 m	HF (High frequency)
30 – 300 MHz	10 – 1 m	VHF (Very high frequency)
300 MHz – 3 GHz	1 – 0,1 m	UHF (Ultra high frequency)
3 – 30 GHz	0,1 m – 0,01 m	SHF (Super high frequency)
30 – 300 GHz	0,01 m – 1 mm	EHF (Extremely high frequency)

Fonte: Autoria própria (2019).

A seguir está detalhado somente algumas dessas faixas de radiofrequência e suas principais aplicações.

MF (1 km – 100 m) – Frequência médias. Nesta faixa se encontra boa parte das ainda ativas emissoras de rádio AM que corresponde de 300 kHz a 3 MHz. É utilizada também para auxiliar na navegação aérea, serviços marítimos e rádio difusão local.

HF (100 m – 10 m) – Alta frequência. Neste espectro estão incluídas diversas faixas para uso exclusivo de radioamadores, sendo as mais populares as faixas de 80 m, 40 m, 20 m e 10 m. Na faixa de 11 m, existe uma pequena faixa de frequência que é destinada ao serviço de rádio Cidadão. Essa faixa de frequência HF, também chamada de ondas curtas, tem papel importante nas transmissões de radiodifusão para fins utilitários na área da comunicação com aviões, navios, militares, civis e comerciais. Possui grande alcance geográfico através de saltos

por deflexão nas camadas ionosféricas e a sua cobertura na superfície terrestre é dada por uma única antena.

VHF (10 m – 1 m) – Frequências muito altas. É nessa faixa de frequência que estão as estações de rádio FM (87,5 MHz a 107,9 MHz) e, também, onde encontrava-se os antigos canais da televisão analógica (do canal 2 ao 13). Essa faixa também é destinada a popular faixa de radioamador de 2 m (144 MHz a 149 MHz), a comunicação entre aeronaves, embarcações e veículos de apoio e suporte urbano, como trens, táxi, policiais e bombeiros. A radiofrequência VHF possui alcance geográfico curto por não ser refletida na ionosfera, sendo ideal para transmissões locais não interferindo nas transmissões de longa distância. Razão essa que em cada estado ou cidade possui seu canal local seja na TV ou no rádio. Assim, essa faixa é adequada para zonas distantes e rurais. Cada serviço de comunicação que opera em VHF, trabalha em uma faixa reservada, por esse motivo não há interferência entre o rádio e a TV.

UHF (1 m – 0,1 m) – Frequência ultra alta. É neste espectro de radiofrequência que estão localizados os canais de TV analógica acima do canal 13 e a TV digital (em torno de 700 MHz). Além da popular faixa do radioamador em UHF (0,70 m), aqui está localizado também boa parte da frequência e uso de celulares e a comunicação via satélite. Essa faixa é recomendada para áreas urbanas, justamente por possuir capacidade de reflexão e penetração em obstáculos sólidos (como prédios, pontes, etc.). Garantindo sinal de qualidade e menos chances de interferência pelos diversos equipamentos de radiofrequência.

3.5 Antenas

As antenas têm unicamente a função de irradiar e captar energia do espaço referente as informações portadoras das ondas eletromagnéticas para os equipamentos eletroeletrônicos que necessitam da sua utilização. Quando conectadas a um equipamento transmissor, elas irradiam sinais elétricos convertidos em ondas eletromagnéticas que ao chegar em um equipamento receptor convertem-se novamente em sinais elétricos que são devidamente amplificados e codificados, chegando até nós como imagem ou som.

A frequência está diretamente associada ao comprimento de onda, ou seja, quanto maior a frequência menor será o comprimento de onda. Assim, para que a antena seja eficaz é ideal que tenha seu comprimento físico metade ou um quarto do comprimento de onda transmitido ou recebido para cada lado da antena. Logo, para cada caso particular de seu uso deve-se ter

uma escolha cuidadosa, pois pode-se acertar no aumento de ganho de determinada função e perder em outra.

Nos meios de radiodifusão, o comprimento de onda de uma certa frequência pode ser conhecido ao dividir a velocidade de propagação da onda eletromagnética (em m/s) pela frequência (em Hz). Esse valor também irá depender do material do cabo utilizado, por a onda deixa de se propagar no vácuo e passar a propagar-se no cobre do cabo coaxial reduz sua velocidade de propagação.

Duas características básicas de uma antena são: o ganho, que é justamente a capacidade de captar os sinais transmitidos por uma estação ou transmitir a energia para o espaço; e a diretividade, capacidade de captar a informação em determinada direção. Quanto à diretividade de uma antena são classificadas como omnidirecionais (ou isotrópicas) e direcionais.

As antenas omnidirecionais são aquelas que transmite e captam sinais em todas as direções, sendo a melhor opção para lugares que possuem muitas barreiras que impeça o alcance do sinal desejado. Em contrapartida, a força do sinal será mais fraca devido a potência ser distribuída em todas as direções. Já as antenas direcionais, o sinal é direcionado para uma única direção, onde o sinal será mais forte devido a concentração da potência naquela área. Mas, apresentará uma menor área de cobertura.

No dia a dia as antenas mais comuns de serem vistas, além das utilizadas para transmitir informação, são as antenas do tipo dipolo. Alguns modelos cotidianos que captam sinais dos sistemas de transmissão são: yagi-uda, a log-periódica, a parabólica e as de internet.

- Dipolo de meia onda: antena mais simples em que é composta por somente dois pedaços de fios ou tubos de alumínio com $\frac{1}{4}$ de comprimento de onda para cada lado, sendo alimentada pelo centro. A utilização dessa antena é mais comum na radiofrequência HF.
- Yagi-uda: tipo de antena direcional comumente utilizada nas radiofrequências UHF e VHF. É constituída por um dipolo ou elemento irradiador conectado a linha de transmissão, por um refletor que é o elemento mais comprido e por elementos diretores, como ilustrado na figura 9 abaixo.

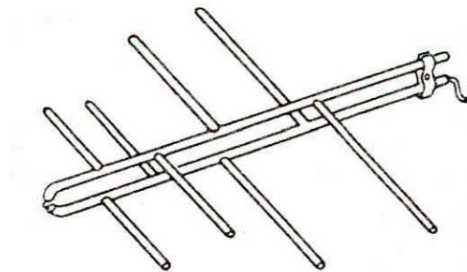
Figura 9 - Modelo de antena Yagi-Uda.



Fonte: Wikipédia (2019).

- Log Periódica: Antena de faixa larga utilizada nas faixas de frequência VHF e UHF, indicada para a TV digital que opera em várias faixas de canais. É mais um modelo de antenas direcionais com múltiplos elementos do tipo dipolo e um elemento estrutural com duas partes paralelas. A figura 10 abaixo ilustra esse tipo de antena.

Figura 10 - Antena Log periódica.



Fonte: Ornetta (2005).

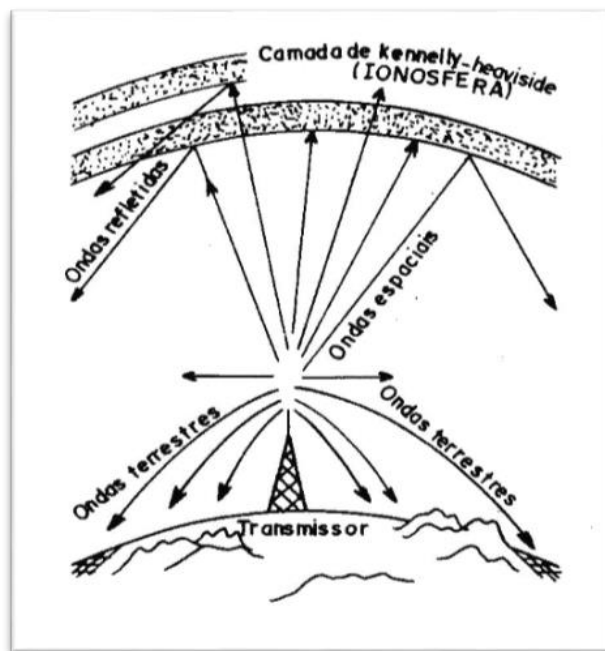
3.6 Propagação das ondas de rádio

Já é de conhecimento que as ondas de rádio ao serem transmitidas pelas antenas se propagam no meio com a mesma velocidade da luz (300.000 km/s), sendo esse meio a atmosfera terrestre composta por três camadas: a troposfera, estratosfera e ionosfera. Dessa forma, os meios comunicativos classificam a propagação dessas ondas em ondas terrestres e ondas espaciais. As terrestres são as ondas de curto alcance refletidas na troposfera, enquanto, as ondas espaciais são justamente as ondas refletidas na camada ionosférica que alcançam maiores distâncias.

Como a camada ionosférica é a que influencia a propagação das ondas de radiofrequência é importante conhecer um pouco sobre ela. A ionosfera é subdividida em várias camadas compostas de íons e elétrons, onde as subcamadas mais externas apresentam grau de ionização maior. É a camada mais importante para os meios transmissores de informação por servir como espelho ao refletir os sinais das ondas de rádio que a atinge de volta para a terra.

É a concentração de elétrons e íons que determinar a propriedade refletora dessa camada. Logo, quanto maior for a ionização maior será o poder da camada ionosférica em refletir altas frequências para a superfície terrestre. Quanto menor for a ionização nessa camada, as ondas refletidas limitam-se somente as ondas com baixa frequência. Durante a baixa de ionização da camada ionosférica as faixas de altas frequências a atravessam não sendo refletidas. A figura 11 ilustra a propagação das ondas de radiofrequência na atmosfera.

Figura 11 - Propagação de ondas de radiofrequência na atmosfera terrestre.



Fonte: Direção livre (2019).

Portanto, o poder de reflexão na ionosfera está relacionado ao grau de ionização das suas sub-camadas. Que depende muito da atividade solar (principalmente dos períodos em que as manchas e explosões solares são mais acentuadas) e da quantidade de radiação ultravioleta emitida. Assim, no período da noite a transmissão de rádio alcança regiões mais distantes pelo fato da camada ionosférica ser mais fina neste período. Isso ocorre devido ao desaparecimento das subcamadas próximas a superfície terrestre o que aumenta a concentração de íons e elétrons nas subcamadas mais externas (subcamada responsável pela reflexão das ondas curtas de rádio).

Porém, existe regiões chamadas de zona de silêncio, em que tanto as ondas terrestres como as espaciais não atingem. Ou seja, não são captadas ondas de rádio nessa região, como também, não é possível nenhum tipo de transmissão de radiofrequência. O que explica fato de certos lugares não ser possível ouvi emissoras de rádio, há não ser a programação local.

4 A importância de atividades experimentais no ensino de física

A física se desenvolveu na Grécia Antiga a partir da necessidade do ser humano de entender, controlar e reproduzir os fenômenos naturais do mundo para o seu benefício. Daí a ciência teve como base no seu surgimento a observação, visto que o homem por muitos anos verificou o que ocorria na natureza em busca de explicar ou até mesmo prever ocorridos na tentativa de conseguir descobrir a causa natural de tais fenômenos sem a soberania dos deuses. Esses homens passaram a ser chamados de “filósofos naturais”.

A partir da observação os estudiosos naturais da Grécia Antiga passaram a formular hipóteses a respeito dos fenômenos observados. E para comprovar as suposições levantadas começaram a criar experimentos em busca de obterem respostas. Com isso, a física passou a ter caráter experimental, sendo considerada hoje como ciência experimental que busca investigar as propriedades e transformações que regem os fenômenos da natureza. A física experimental compreende a pesquisa, a organização de dados que leva as formulações mais concreta das hipóteses. Foi a partir desse método científico que o processo investigativo da observação e experimentação levou os físicos a construírem as leis que regem na natureza chegando ao terceiro passo, o processo teórico-matemático. Assim, a física se desenvolveu ao longo da sua história em três processos investigativos: a observação, a experimentação e o modelo teórico-matemático.

Sabemos que hoje o ensino de física se baseia no acúmulo de informações que estão ligados a formulações matemáticas, sendo na prática um ensino por transmissão, o que dificulta a compreensão e o aprendizado dos conceitos físicos ensinados aos alunos. Assim, o uso de aulas experimentais de física são essências para que os discentes possam no mínimo compreender os conceitos científicos explicados pelo docente em sala de aula.

O ensino experimental não só põe em prática ações que ajudam a melhorar o interesse dos alunos pelo estudo da física, como também, possibilita o raciocínio, a compreensão das causas e efeitos que ocorrem no cotidiano. Dessa forma, o aluno compreende melhor a realidade do fenômeno físico através dos experimentos recriando o conceito e associando-o ao mundo em que se constitui como sujeito. Ou seja, adquirem novas práticas e linguagem sem deixar de relaciona-las com as linguagens e práticas do cotidiano (CARVALHO, 2010). Portanto, o docente ao incluir nos seus planejamentos aulas práticas facilita a aprendizagem, criando assim

um ambiente científico alfabetizador com o objetivo de favorecer ao aluno o processo de adquirir autonomia na própria aprendizagem.

Segundo Carvalho (2010) as aulas de atividades experimentais visam alcançar a enculturação científica quando os aprendizes pensam e tomam suas próprias decisões, construindo argumentos sobre os fenômenos estudados que somente ocorre quando o professor deixa de efetuar o papel de transmissor do conhecimento já estabelecido para orientar seus aprendizes, ajudando-os a construir seus novos conhecimentos. Assim, essa prática de ensino auxilia tanto na tomada de decisões, já que aprimora a observação e a curiosidade, como também promove a formação de cidadão ao se trabalhar em equipe. Sendo importante para o desenvolvimento do experimento o diálogo para o entendimento coletivo em relação ao fenômeno observado.

Dessa forma, o uso de experimentos no ensino de ciências é de fundamental importância no processo de ensino-aprendizagem. Quando não existe uma prática de ensino sem ao menos uma aula de atividade experimental de demonstração tornando o ensino de física puramente teórico, leva a maioria dos discentes a não entenderem o conteúdo abordado pelo professor causando sérias dificuldades de aprendizagem na construção dos seus conhecimentos científicos. Além disso, prejudica a formação humana. Logo, o docente por ter a função de mediador do conhecimento necessita criar meios que faça os seus aprendizes a integrar o conhecimento prático ao conhecimento teórico tornando a aprendizagem mais interessante, motivadora e acessível.

No entanto, o docente também deve levar em consideração a experiência de vida acumulada dos discentes para daí construir no intelecto dos mesmos os conceitos físicos desejados tornando relevante o processo de aprendizagem científica.

Assim, é de fundamental importância que o docente permita que seus aprendizes expliquem o seu conhecimento prévio do assunto abordado. Isso fornece meios de como mediar o processo de ensino aprendizagem para que cada discente se aproprie do novo saber. Uma das formas de aproveitar a experiência de vida dos discentes é sempre procurar inserir, nas aulas, exemplos, imagens e fazer analogias do conteúdo abordado com o cotidiano. Estabelecendo assim, uma ponte que facilite a apropriação do conceito científico com o conhecimento prévio.

Um exemplo de contextualização de conteúdo que faz parte dessa dissertação é sobre as ondas eletromagnéticas detalhando o espectro das ondas de rádio que está presente no cotidiano

dos discentes. Sabendo-se que os alunos já têm certas concepções prévias a respeito do assunto e que a contextualização desperta a curiosidade dos mesmos, já que todos têm acesso a essa fonte de comunicação. Assim, as concepções prévias já possuem por si só o caráter observacional e experimental.

No que diz respeito ao modelo teórico-matemático, ele é destinado ao compartilhamento de conhecimentos básicos a respeito das ondas eletromagnéticas e detalhando as ondas de rádio. Como se trata de ondas eletromagnéticas pode-se trabalhar com os discentes um pouco sobre o espectro eletromagnético, caracterizando cada uma das faixas de radiofrequência abordando conceitos importantíssimos como a frequência, o período, o comprimento de onda essenciais para a compreensão do funcionamento das radiocomunicações. Além de fazer um estudo simples a respeito do sistema de radiocomunicação entre duas estações, dos tipos de modulação AM e FM e estudar sobre os tipos de antenas e a propagação das ondas de rádio na atmosfera. E após as aulas teóricas, o docente pode fazer com a turma um momento experimental com o rádio galena explicando o seu funcionamento e comprovando para os mesmos a existência das ondas eletromagnéticas.

Segundo Gaspar e Monteiro (2005) a maioria das concepções prévias dos alunos a cerca do conteúdo vem de suas experiências vividas no dia a dia que só ganham sentido científico quando são compartilhadas com pessoas de conhecimentos científicos mais abrangentes que no caso é o professor. Sendo assim, o professor é responsável por transmitir a esses discentes os significados e explicações científicas para as experiências vividas pelos mesmos.

Ainda de acordo com Gaspar e Monteiro (2005) utilizar demonstrações experimentais em sala de aula de certo conceito físico acrescenta na estrutura do pensamento dos discentes elementos da realidade e da experiência pessoal que preenche lacunas no intelecto dos mesmos a respeito de conceitos científicos trabalhados na demonstração experimental. Para ressaltar, os mesmos autores dizem que:

[...] a utilização da demonstração experimental de um conceito em sala de aula acrescenta ao pensamento do aluno elementos de realidade e de experiência pessoal que podem preencher uma lacuna cognitiva característica dos conceitos científicos e dar a esses conceitos a força que essa vivência dá aos conceitos espontâneos. Em outras palavras, a atividade experimental de demonstração compartilhada por toda classe sob a orientação do professor, em um processo interativo que de certa forma simula a experiência vivencial do aluno fora da sala de aula, enriquece e fortalece conceitos espontâneos associados a essa atividade (GASPAR & MONTEIRO, 2005, pp. 232-233).

Já Dorneles (2010) destaca que quando as atividades experimentais de física são planejadas levando em conta a promoção de experiências de ensino que proporcione reflexão e interação entre os alunos e os experimentos, apresentam fatores positivos na utilização dessa prática de ensino como intensifica a aprendizagem de conceitos físicos, conecta o que ocorre no experimento com os conceitos físicos trabalhados nas aulas teóricas e desenvolve atitudes científicas. Assim, para que os discentes aprendam com significado há a necessidade de os docentes ensinarem através de situações que forneçam sentido aos conceitos científicos.

Em muitos casos o uso de atividades prático-experimental é visto como uma comprovação empirista de conceitos, leis e teorias vistas na sala de aula. Contudo, o uso dessa metodologia de ensino deve-se apresentar um caráter racionalista em que leve os discentes a compreenderem a física estudada não como um acúmulo de uma ciência com suas verdades já estabelecidas e absolutas e sim refletirem as ideias a respeito dos fenômenos estudados. Assim,

A análise do papel das atividades experimentais desenvolvidas amplamente nas últimas décadas revela que há uma variedade significativa de possibilidades e tendências de uso dessa estratégia de ensino de Física, de modo que essas atividades podem ser concebidas desde situações que focalizam a mera verificação de leis e teorias, até situações que privilegiam as condições para os alunos refletirem e reverem suas ideias a respeito dos fenômenos e conceitos abordados, podendo atingir um nível de aprendizado que lhes permita efetuar uma reestruturação de seus modelos explicativos dos fenômenos (ARAÚJO & ABIB, 2003 como citado em PEREIRA & MOREIRA, 2017, p. 272).

A inserção de aulas experimentais possibilita aos discentes construir no seu intelecto conhecimentos e habilidades que podem ser úteis na sua vida. E, o ensino de física, não fica restrito somente ao ambiente da sala de aula, como é para a grande maioria dos discentes. Assim, a aprendizagem de física tem o sentido de relacionar a ciência uma visão humanista promovendo competências, habilidades e atitudes na formação do indivíduo como é abordado por Oliveira, Costa, Soleira e Rocha Filho (2010). Além disso, qualquer tipo de atividade experimental pode proporcionar o aprofundamento de aspectos teóricos da física para um conhecimento mais próximo da realidade dos alunos.

O ensino de física nos dias atuais, na sua grande maioria, ainda continua sendo como prioridade para o docente expor a teoria e listas de exercícios em que o discente acaba aprendendo pela memorização para somente conseguir alcançar uma boa nota no final do bimestre. Ou seja, essa metodologia de ensino sem a realização de atividades experimentais compromete a aprendizagem dos discentes. O ensino da física, de acordo com Scarpati (2018) deve “propiciar ao estudante condições para vivenciar as situações de aprendizagem, unindo a teoria com a prática, passando do concreto para o abstrato sempre que possível.”

As atividades experimentais não são de uso exclusivos de laboratórios. Elas podem ser realizadas na própria sala de aula ou em locais abertos como o pátio da escola e a quadra de esportes. Ao incluir esse recurso como parte do ensino de física acaba criando nos discentes elementos favoráveis que estimula a mudança no comportamento dos mesmos a respeito desta disciplina. Assim Scarpati (2018) defende a ideia de que:

O experimento não pode ser considerado apenas como um complemento às atividades do professor, mas sim, em algumas condições, pode ser uma ferramenta de integração com o estudo de determinado conteúdo. Por meio das atividades experimentais, o aluno é capaz de despertar interesse e provocar expectativas acerca de determinado assunto (SCARPATI, 2018, p. 25)

Desta forma, o processo de ensino-aprendizagem através de atividades prático-experimentais pode ter diferentes abordagens ou modalidades e é preciso que o docente saiba escolher a que melhor adequa ao conteúdo estudado. Assim, essas atividades têm como principais tipos de laboratório: a didática, a cátedra ou de demonstrações, o tradicional, o divergente, o de projetos e o de biblioteca.

Logo, é de suma importância que o docente saiba criar oportunidades para que os aprendizes consigam integrar o conhecimento prático com o teórico, ou seja, saiba interpretar as práticas experimentais realizadas de acordo com a teoria aprendida. Salientando aqui que o uso das atividades experimentais não garante a compreensão e o aprendizado dos conceitos físicos para todos os discentes, mas evitar a sua fragmentação é de suma importância para que a aprendizagem, como já foi dito antes, se torne mais interessante, motivadora e acessível aos discentes.

Dessa forma Rosito (2003, p. 208) destaca que:

Boas atividades experimentais se fundamentam na solução de problemas envolvendo questões da realidade dos alunos, que possam ser submetidas a conflitos cognitivos. Desta forma, o ensino de Ciências integrando teoria e prática, poderá proporcionar uma visão das ciências como uma atividade complexa, construída socialmente, em que não existe um método universal para solução de todos os problemas, mas uma atividade dinâmica, interativa, uma constante interação de pensamento.

Gaspar e Monteiro (2005) defendem que as atividades experimentais de demonstração são válidas e significativas de serem trabalhadas em sala de aula devido ao seu ponto de vista cognitivo e da aprendizagem de conceitos. No entanto, toda atividade experimental apresenta dificuldades na sua realização que na maioria das escolas, principalmente as públicas, ocorre pela falta de equipamentos necessários para a prática ou a falta de preparo do docente. O uso da prática de atividade experimental de demonstração apresenta para muitos pontos negativos

como a falta de interação dos discentes e do discente com o experimento, porém tem pontos positivos como:

a possibilidade de ser realizada com um único equipamento para todos os alunos, sem a necessidade de uma sala de laboratório específica, a possibilidade de ser utilizada em meio à apresentação teórica, sem quebra de continuidade da abordagem conceitual que está sendo trabalhada e, talvez o fator mais importante, a motivação ou interesse que desperta e que pode predispor os alunos para a aprendizagem (GASPAR & MONTEIRO, 2005, pp. 227-228).

A demonstração experimental pode ter custo acessível para o professor ou para a escola, já que o docente pode utilizar este mesmo experimento posteriormente em outras aulas sobre tal conteúdo e enriquecer a aula com características significativas para os seus aprendizes. A prática dessas atividades nas aulas de física não tem só como objetivo motivar os discentes para torna-las agradáveis, mas sim, de forma adequadas e bem planejadas proporcionar situações que apresentem momentos de aprendizagem para os aprendizes que dificilmente ocorre só com aulas expositivas (a verdadeira transmissão de conhecimento em que o discente acumula conteúdo e não conhecimento estabelecidos).

Portanto, não se é possível garantir que as atividades prático-experimentais seja melhor que outras metodologias que envolvam por exemplo simulações computacionais, recursos audiovisuais, entre outras. Mas, estudar a física interagindo teoria e prática proporciona uma atividade dinâmica, interativa ao interagir o pensamento e a ação, principalmente, quando relacionadas ao cotidiano. E este trabalho busca isso contextualizar o conteúdo teórico com o cotidiano dos discentes.

5 Estudos dos conceitos abordados na aplicação do produto educacional

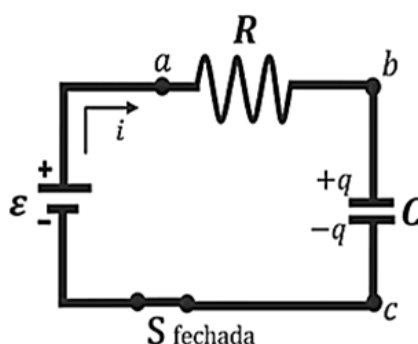
Este capítulo refere-se ao estudo dos conteúdos abordados em sala de aula a nível superior sobre o processo de carga e descarga no capacitor, corrente de deslocamento, as equações de Maxwell completas aplicadas ao meio livre até a dedução da equação de onda e a demonstração da corrente elétrica como sendo senoidal no circuito RLC. A matemática/física expressos neste capítulo não são requisitos para a aplicação do produto educacional.

As bibliografias utilizadas para a construção desse estudo foram: David Griffiths (2011), Sears e Zemansky (2012), Hayt e Buck (2013), Nilsson e Riedel (2003). E também as notas de aulas da graduação e do mestrado.

5.1 Carga e descarga no capacitor

O processo de carga e descarga de um capacitor pode ser entendido ao analisar o circuito RC em série, como o esquematizado na figura 12 abaixo. Neste circuito, os condutores utilizados nas conexões possuem resistências desprezíveis sendo composto por um resistor ligado em série a um capacitor e ambos conectados a uma fonte de energia com fem ε constante e resistência interna nula.

Figura 12 – Esquema do circuito RC em série.



Fonte: Autoria própria (2020).

5.1.1 Processo de carga

Quando o capacitor encontra-se no processo de carga a diferença de potencial no resistor (v_{ab}) diminui e a diferença de potencial no capacitor (v_{bc}) aumenta. No momento em que o capacitor estiver totalmente carregado a corrente elétrica no circuito cessa ($i = 0$), a $v_{ab} = 0$

e $v_{bc} = \varepsilon$ nos terminais do capacitor. Aplicando a lei das malhas de Kirchhoff no circuito da figura 12, tem-se:

$$\varepsilon - i \cdot R - \frac{q}{C} = 0 \quad (1)$$

Com isso, ocorre uma queda de potencial quando a corrente elétrica se desloca no resistor e no capacitor.

Explicitando i na Eq. (1), encontra-se:

$$-i \cdot R = -\varepsilon + \frac{q}{C} \quad (2)$$

$$i = \frac{\varepsilon}{R} - \frac{q}{RC} \quad (3)$$

As variáveis i e q não são independentes e pela própria definição de corrente, tem-se:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (4)$$

Combinando a Eq. (3) e (4), obtêm-se:

$$\frac{dq}{dt} = \frac{\varepsilon}{R} - \frac{q}{RC} \quad (5)$$

$$\frac{dq}{dt} = -\frac{1}{RC}(q - C\varepsilon) \quad (6)$$

Reagrupando os termos,

$$\frac{dq}{(q - C\varepsilon)} = -\frac{dt}{RC} \quad (7)$$

Integrando ambos os lados da Eq. (7), chamando q, dq, dt de q', dq', dt' , onde o limite inferior é $q' = 0, t' = 0$ e limite superior $q' = q$ e $t' = t$.

$$\int_0^q \frac{dq'}{(q' - C\varepsilon)} = -\int_0^t \frac{dt'}{RC} \quad (8)$$

Resolvendo a integral acima e usando os conhecimentos de álgebra $\ln(a) - \ln(b) = \ln\left(\frac{a}{b}\right)$, tem-se:

$$\ln\left(\frac{q - C\varepsilon}{-C\varepsilon}\right) = -\frac{t}{RC} \quad (9)$$

Fazendo a função inversa do logaritmo neperiano,

$$\frac{q - C\varepsilon}{-C\varepsilon} = e^{-\frac{t}{RC}} \quad (10)$$

Explicitando q é encontrado a carga $q(t)$ do capacitor durante seu carregamento.

$$q - C\varepsilon = -C\varepsilon\left(e^{-\frac{t}{RC}}\right) \quad (11)$$

$$q(t) = -C\varepsilon\left(e^{-\frac{t}{RC}}\right) + C\varepsilon = C\varepsilon\left(e^{-\frac{t}{RC}}\right) - C\varepsilon \quad (12)$$

$$q(t) = C\varepsilon\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right) \quad (13)$$

Sendo $C\varepsilon$ a carga do capacitor quando se encontra totalmente carregado e a corrente no circuito cessa. Para encontrar a corrente $i(t)$ durante o carregamento basta derivar a Eq. (13) a partir da definição de corrente.

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (14)$$

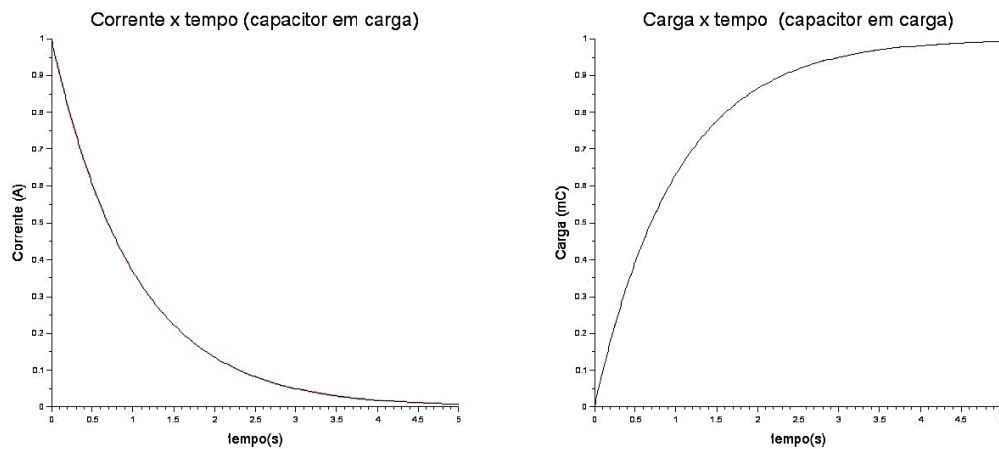
$$i = \frac{d}{dt}\left[C\varepsilon\left(1 - e^{-\frac{t}{RC}}\right)\right] \quad (15)$$

$$i = -\frac{d}{dt}\left[C\varepsilon e^{-\frac{t}{RC}}\right] \quad (16)$$

$$i(t) = \frac{\varepsilon}{R}e^{-\frac{t}{RC}} \quad (17)$$

As Eq. (13) e (17) são funções exponenciais do tempo, conforme o gráfico da figura 13 abaixo mostra.

Figura 13 – Gráfico da corrente e carga do capacitor em função do tempo no processo de carga.



Fonte: Autoria própria (2020).

Com isso, é possível analisar que no instante inicial $t = 0$, em que a chave S do circuito da figura 12 é fechada, a carga inicial do capacitor é nula ($q = 0$) e a corrente inicial do circuito é $I_0 = \frac{\varepsilon}{R}$. Porém, conforme o capacitor é carregado a sua carga q aumenta exponencialmente e tende a um valor final Q_F . A corrente elétrica diminui exponencialmente até cessar completamente e o capacitor encontrar-se carregado.

5.1.2 Processo de descarga

Neste processo o capacitor encontra-se totalmente carregado com carga Q_0 e o circuito possui $\varepsilon = 0$, devido a retirada da fonte que alimenta o circuito. A chave S do circuito indicado na figura 12 permanece fechada, com isso o capacitor irá diminuir sua carga gradualmente até zero através do resistor. Aplicando novamente a lei das malhas de Kirchhoff tem-se:

$$-i \cdot R - \frac{q}{C} = 0 \quad (18)$$

$$i = -\frac{q}{RC} \quad (19)$$

A corrente possui sentido contrário e, no instante $t = 0$, o seu valor inicial é dado por $I_0 = -\frac{Q_0}{RC}$. Assim como no processo de carga i e q são variáveis dependentes. Logo substituindo a Eq. (4) na Eq. (19), obtêm-se

$$\frac{dq}{dt} = -\frac{q}{RC} \quad (20)$$

Reagrupando os termos e integrando ambos os lados da equação acima com os limites de Q_0 a q e de 0 a t , encontra-se:

$$\frac{dq}{q} = -\frac{dt}{RC} \quad (21)$$

$$\int_{Q_0}^q \frac{dq'}{q'} = -\frac{1}{RC} \int_0^t dt' \quad (22)$$

$$\ln\left(\frac{q}{Q_0}\right) = -\frac{t}{RC} \quad (23)$$

Aplicando a função inversa do logaritmo neperiano a carga do capacitor durante o período de descarga será:

$$\frac{q(t)}{Q_0} = e^{-\frac{t}{RC}} \quad (24)$$

$$q(t) = Q_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad (25)$$

Derivando $q(t)$ encontra-se a corrente no instante t durante este processo.

$$i(t) = \frac{dq(t)}{dt} \quad (26)$$

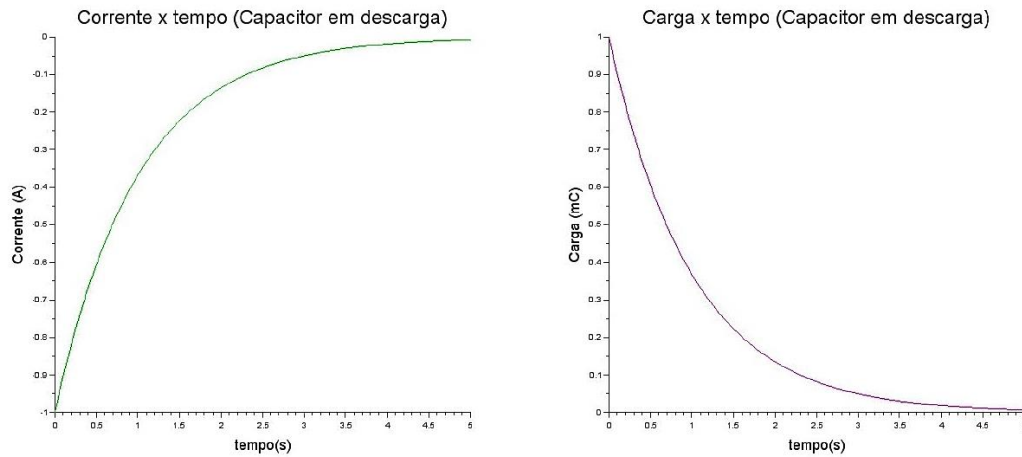
$$i(t) = \frac{d}{dt} \left[Q_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \right] \quad (27)$$

$$i(t) = Q_0 \cdot \left(-\frac{1}{RC} \right) \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad (28)$$

$$i(t) = -\frac{Q_0}{RC} \cdot e^{-\frac{t}{RC}} = I_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}} \quad (29)$$

Tanto as grandezas $q(t)$ quanto $i(t)$ tendem exponencialmente a zero com o tempo, como pode ser verificado na figura 14 abaixo.

Figura 14 – Gráfico da corrente e carga do capacitor em função do tempo no processo de descarga.



Fonte: Arquivo pessoal (2020).

A diferença entre a Eq. (17) e a Eq. (29) está no fato da corrente inicial I_0 no processo de descarga apresentar sentido oposto ao processo de carga.

5.2 Corrente de deslocamento

No processo de carga do capacitor, a corrente de condução carrega-o aumentando a carga Q nas placas, no seu interior é produz um campo elétrico \vec{E} variante no tempo. Este campo \vec{E} aumenta conforme a carga nas placas vão aumentando e, conseqüentemente, também é produzido um fluxo elétrico Φ_E que atravessa a superfície também aumenta. A capacitância de um capacitor é dada por $C = \epsilon_0 \frac{A}{d}$ e a diferença de potencial entre suas placas é $V = Ed$. Assim a carga instantânea de um capacitor é dada por:

$$q = CV \quad (30)$$

Substituindo C e V na Eq. (30) a carga q no capacitor é expressa como:

$$q = \epsilon_0 \cdot E \cdot A \quad (31)$$

em que $EA = \Phi_E$ e trata-se do fluxo elétrico que atravessa a superfície. No instante em que o capacitor está sendo carregado, a corrente de condução i_c é a própria taxa de variação da carga q . Logo, substituindo a Eq. (31) na definição de corrente elétrica, obtêm-se:

$$i_c = \frac{\partial q}{\partial t} \quad (32)$$

$$i = \frac{\partial}{\partial t} [\epsilon_0 EA] \quad (33)$$

$$i = \epsilon_0 A \frac{\partial E}{\partial t} \quad (34)$$

O campo elétrico entre as placas do capacitor produz uma corrente elétrica com a mesma intensidade de i_C , esta corrente foi chamada de corrente de deslocamento i_D e, portanto, é ela que sai das placas do capacitor. A corrente de deslocamento trata-se de uma corrente fictícia que foi inventado em 1865 pelo físico escocês James Clerk Maxwell.

Existe uma densidade de corrente de deslocamento i_D que é dada por:

$$J_D = \frac{i_D}{A} \quad (35)$$

Ao substituir a Eq. (34) em (35), tem-se:

$$J_D = \epsilon_0 \frac{\partial E}{\partial t} \quad (36)$$

Maxwell ao analisar todas as equações da teoria eletromagnética constatou uma incoerência na lei de Ampère.

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 J \quad (37)$$

Ao aplicar a regra de que o divergente do rotacional é sempre nulo na Eq. (37), foi observado que somente o lado esquerdo da Eq. (38) abaixo é nulo.

$$\nabla \cdot (\nabla \times \vec{B}) = \mu_0 (\nabla \cdot J) \quad (38)$$

Utilizando a equação de continuidade e a lei de Gauss abaixo:

$$\nabla \cdot J = -\frac{\partial \rho}{\partial t} \quad (39)$$

$$\nabla \cdot \vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} \rho \quad (40)$$

e substituindo a Eq. (40) na (39), o termo não nulo $(\nabla \cdot J)$ da Eq. (38) é encontrado. Logo,

$$\nabla \cdot J = -\frac{\partial \rho}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial t} (\epsilon_0 \nabla \cdot \vec{E}) \quad (41)$$

$$\nabla \cdot J = -\nabla \cdot \left(\epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) \quad (42)$$

Passando o termo do lado direito da Eq. (42) para o lado esquerdo, temos que a equação de continuidade pode ser escrita como:

$$\nabla \cdot J + \nabla \cdot \left(\epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) = 0 \quad (43)$$

$$\nabla \cdot \left(J + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) = 0 \quad (44)$$

Substituindo a Eq. (44) na Eq. (38), temos que a regra do divergente do rotacional sempre ser nulo é satisfeita. Assim, Maxwell acrescentou o termo $\epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$ na equação de Ampère à corrigindo de modo a ficar como:

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 \left(J + \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) \quad (45)$$

$$\nabla \times \vec{B} = \mu_0 J + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (46)$$

O termo acrescentado trata-se justamente da corrente de deslocamento. E com esta equação de Ampère-Maxwell entende-se que há duas fontes de campo magnético \vec{B} , correntes elétricas estacionárias e variação de campo elétrico \vec{E} com o tempo.

5.3 Equações de Maxwell completas no meio livre

James Maxwell sistematizou um conjunto de equações que representa toda a teoria eletromagnética:

$$(i) \quad \nabla \cdot \vec{E} = \frac{1}{\epsilon_0} \rho \quad (47)$$

$$(ii) \quad \nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (48)$$

$$(iii) \quad \nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (49)$$

$$(iv) \quad \nabla \times \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (50)$$

A equação (i) trata-se da importante lei de Gauss, equivalente à lei de Coulomb, que garante o fluxo do campo elétrico \vec{E} através de qualquer superfície fechada e depende somente da densidade de carga elétrica total contida no interior dessa superfície. Esta equação, estabelece que cargas elétricas são fontes de campos elétricos que se propagam a partir delas de forma divergente. Assim, quando o divergente do campo elétrico não for nulo existirá cargas elétricas neste ponto.

A equação (ii), nos diz que o divergente do campo magnético \vec{B} é nulo, porque não existe cargas magnéticas (monopolos magnéticos) e, conseqüentemente, fluxo magnético, devido as linhas de campo magnético \vec{B} serem fechadas (infinitas) ao contrário das linhas de campo elétrico \vec{E} . Dessa forma, em uma superfície fechada S as linhas de campo magnético que à atravessam para fora é exatamente igual as linhas que adentram esta superfície.

A equação (iii) trata-se da lei de Faraday. Ela retrata o fato de um campo magnético \vec{B} variável no tempo produzir um campo elétrico \vec{E} induzido (agora não mais eletrostático). Este campo elétrico induzido dá origem a força eletromotriz induzida, ou seja, sempre que houver variação do fluxo magnético em relação ao tempo surge uma fem. Como o \vec{E} está agora induzido, não trata-se mais de um campo conservativo, já que está associado a uma fem dado em todos os pontos do espaço por ser uma grandeza temporal do campo magnético pelo qual passa o fluxo magnético variável.

Já a equação (iv) retrata da lei de Ampère corrigida por Maxwell. Válida tanto na eletrostática quanto na magnetostática. Esta equação revela que campos elétricos \vec{E} variáveis no tempo em uma dada região do espaço produz campos magnéticos \vec{B} também variáveis no tempo, do tipo rotacional, nas regiões vizinhas, mesmo não existindo matéria e corrente de condução. Analisando os termos do lado direito da equação, o termo $\mu_0 \vec{J}$ nos retrata que existe uma densidade de carga que ao atravessar uma superfície aberta gera um campo magnético \vec{B} circulando \vec{J} . Já, o segundo termo da equação $\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$, mostra a existência do campo elétrico variável no tempo que ao atravessar a superfície aberta induz o campo magnético \vec{B} que, por sua vez, circulará o campo elétrico \vec{E} .

Para o meio livre, regiões do espaço em que a densidade de carga ρ e a densidade de corrente \vec{J} são nulas, as equações de Maxwell na forma diferencial se reduzem-se à:

$$(i) \nabla \cdot \vec{E} = 0 \quad (51)$$

$$(ii) \nabla \cdot \vec{B} = 0 \quad (52)$$

$$(iii) \nabla \times \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (53)$$

$$(iv) \nabla \times \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (54)$$

A partir dessas equações acima, é possível encontrar a equação de onda aplicando a identidade vetorial do rotacional para segundas derivadas abaixo, tanto na Eq. (53) como na Eq. (54). Partindo da Eq. (53), tem-se:

$$\nabla \times (\nabla \times \vec{E}) = \nabla(\nabla \cdot \vec{E}) - \nabla^2 \vec{E} \quad (55)$$

Substituindo a Eq. (51) e (53) na Eq. (55) chega-se a:

$$\nabla(\nabla \cdot \vec{E}) - \nabla^2 \vec{E} = \nabla \times \left(-\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right) \quad (56)$$

$$-\nabla^2 \vec{E} = -\frac{\partial}{\partial t} (\nabla \times \vec{B}) \quad (57)$$

Fazendo a substituição da Eq. (55) na (57) encontra-se:

$$\nabla^2 \vec{E} = \frac{\partial}{\partial t} \left(\mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \right) \quad (58)$$

$$\nabla^2 \vec{E} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad (59)$$

Esta é a equação de onda para o campo elétrico \vec{E} . O mesmo procedimento pode ser feito com a Eq. (54) para chegar a equação de onda para o campo magnético \vec{B} . Assim, as equações de onda para os dois campos são:

$$\nabla^2 \vec{E} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad (60)$$

$$\nabla^2 \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} \quad (61)$$

Estas equações acima são equações de onda de segunda ordem que satisfazem a equação de onda tridimensional

$$\nabla^2 f = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 f}{\partial t^2} \quad (63)$$

O termo $\mu_0 \epsilon_0$ das Eq. (60) e (61) é igual a $\frac{1}{v^2}$ da Eq. (63). Logo,

$$\left(\frac{1}{v^2}\right) = \mu_0 \epsilon_0 \quad (64)$$

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \quad (65)$$

sendo $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \frac{N}{A^2}$ e $\epsilon_0 \cong \frac{1}{36\pi} \cdot 10^{-9} \frac{C^2}{N \cdot m^2}$ constantes obtidas experimentalmente. Ao substituir estes valores encontra-se a velocidade das ondas eletromagnéticas como sendo

$$v = \frac{1}{\sqrt{\mu_0 \epsilon_0}} \cong 2,997 \cdot 10^8 \frac{m}{s} \quad (66)$$

Este valor corresponde a velocidade de propagação da luz no vácuo. Assim, as equações de Maxwell no meio livre permite a propagação das ondas eletromagnéticas com a mesma velocidade da luz, ou seja, $v = c$. Dessa forma, as Eq. (60) e (61) podem ser escritas como:

$$\nabla^2 \vec{E} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \quad (67)$$

$$\nabla^2 \vec{B} = \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{B}}{\partial t^2} \quad (68)$$

Tratando-se de uma onda plana e monocromática, a solução para as Eq. (67) e (68) referente ao campo elétrico \vec{E} e o campo magnético \vec{B} será

$$\vec{E} = E_0 \text{sen}(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} - \omega t) \quad (69)$$

$$\vec{B} = B_0 \text{sen}(\mathbf{k} \cdot \mathbf{r} - \omega t) \quad (70)$$

onde E_0 e B_0 trata-se da amplitude do campo elétrico \vec{E} e do campo magnético \vec{B} , \mathbf{k} é o vetor número de onda, \mathbf{r} a posição onde a onda está sendo calculada, t o instante de tempo da propagação da onda e ω a frequência angular da onda.

Ao substituir as soluções das Eq. (69) e (70) nas Eq. (67) e (68) é encontrado uma importante propriedade das ondas eletromagnéticas para o campo elétrico \vec{E} e o campo magnético \vec{B} ,

$$\vec{E} = c\vec{B} \times \frac{\mathbf{k}}{|\mathbf{k}|} \quad (71)$$

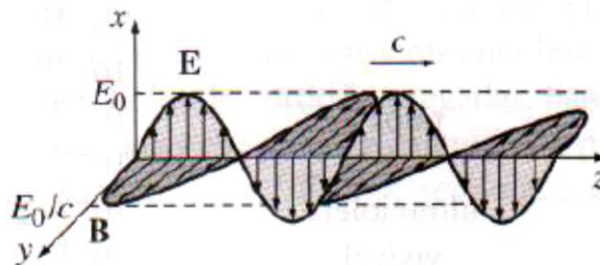
$$\vec{B} = \frac{\mathbf{k}}{w} \times \vec{E} \quad (72)$$

Essas Eq. (71) e (72) mostram que os campos elétricos e magnéticos da onda eletromagnética são ortogonais entre si e ao vetor \mathbf{k} , onde o campo \vec{E} está em fase com o campo \vec{B} e suas amplitudes são relacionadas por:

$$|\vec{E}| = c|\vec{B}| \quad (73)$$

Portanto, considerando todas as informações sobre a onda eletromagnética, a figura 15 abaixo ilustra a propagação dessa onda na direção do eixo z com os campos elétricos e magnéticos propagando-se, respectivamente, nas direções x e y.

Figura 15 – Ilustração de uma onda eletromagnética com propagação ao longo do eixo Oz.



Fonte: Griffiths (2011).

5.3.1 Comprovação experimental de Hertz

Com os estudos de Maxwell, a velocidade de propagação da luz finalmente foi associada a uma natureza, a dos campos eletromagnéticos. Este estudo foi tão relevante a ciência por unificar duas áreas da física, o eletromagnetismo e a óptica.

Apesar de Maxwell ter previsto a existência das ondas eletromagnéticas, foi o físico alemão Heinrich R. Hertz (1857-1894) quem as comprovou experimentalmente em 1887. Hertz, utilizou um aparato experimental consistido por uma bobina de Ruhmkorff, um circuito aberto que possuía em cada uma das suas extremidades uma esfera, separadas por uma distância

pequena, e um receptor constituído por um circuito aberto também com esferas em suas extremidades.

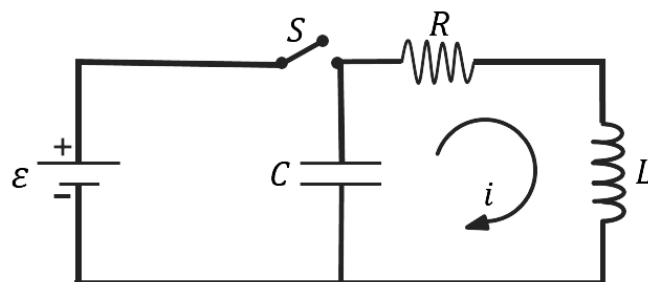
Ao ligar e desligar a bobina de Ruhmkorff, Hertz observou que surgia uma faísca entre as esferas e, conseqüentemente, também surgia uma faísca de intensidade e luminosidade menor nas extremidades do circuito aberto do receptor. Hertz para ter uma estimativa da frequência, precisou fazer alterações na distância entre as esferas do receptor. Na medida em que a faísca oriunda da bobina de Ruhmkorff era aproximada do receptor, ele percebeu que a intensidade e luminosidade da faísca do mesmo aumentava. Também foi verificado que ao interpor um material entre a bobina e o receptor a intensidade das faíscas diminuía.

Com esse aparato, Hertz ao se dedica em comprovar a teoria eletromagnética proposta por Maxwell e os resultados dos seus experimentos, comprovou não só a existência das ondas eletromagnéticas, como também, que essas ondas produzidas possuíam a mesma velocidade de propagação da luz, porém com comprimento de onda menor. Além de constatado o fenômeno da refração, reflexão e polarização, todos fenômenos característicos das ondas, obedecendo assim as leis da óptica.

5.4 Circuito RLC

A figura 16 abaixo mostra um circuito RLC em série alimentado por uma fonte de tensão ε . Inicialmente a chave S é fechada carregando o capacitor com carga $Q = C\varepsilon$.

Figura 16 - Esquema do circuito RLC em série.



Fonte: Autoria própria (2019).

Logo após o capacitor ser carregado a chave S é desligada desconectando o capacitor da fonte fem ε , conectando-o em série ao resistor e indutor. Ao aplicar a lei das malhas de Kirchhoff, obtêm-se:

$$\frac{1}{C} \int i dt + Ri + L \frac{di}{dt} = 0 \quad (74)$$

$$\frac{1}{C} i(t) + Ri + L \frac{di}{dt} = 0 \quad (75)$$

Substituindo i por $\frac{di}{dt}$ encontra-se,

$$\frac{1}{C} i(t) + R \frac{di}{dt} + L \frac{d^2i}{dt^2} = 0 \quad (76)$$

Dividindo toda a Eq. (76) por L e a organizando, obtêm-se:

$$\frac{d^2i}{dt^2} + \frac{R}{L} \frac{di}{dt} + \frac{1}{LC} i(t) = 0 \quad (77)$$

Supondo que a solução para a Eq. (77) seja a exponencial,

$$i(t) = i_0 e^{-kt} \quad (78)$$

Derivando duas vezes a solução acima tem-se:

$$\frac{di(t)}{dt} = -k i_0 e^{-kt} \quad (79)$$

$$\frac{d^2i(t)}{dt^2} = k^2 i_0 e^{-kt} \quad (80)$$

Substituindo as Eq. (79) e (80) na Eq. (77), obtêm-se a seguinte expressão.

$$k^2 i_0 e^{-kt} + \frac{R}{L} (-k) i_0 e^{-kt} + \frac{1}{LC} i_0 e^{-kt} = 0 \quad (81)$$

$$\left(k^2 - \frac{R}{L} k + \frac{1}{LC} \right) i_0 e^{-kt} = 0 \quad (82)$$

Esta equação só é satisfeita para todos os valores de t se k ou o termo entre parênteses for nulo, devido a $e^{-kt} \neq 0$ para qualquer valor infinito de $-kt$. Dessa forma, para que a Eq. (78) seja solução da Eq. (77) o termo entre parênteses da Eq. (82) deve ser

$$k^2 - \frac{R}{L} k + \frac{1}{LC} = 0 \quad (83)$$

que é chamada de equação característica da equação diferencial pelo fato do tipo de solução para $i(t)$ depender das raízes dessa equação de segundo grau. Resolvendo a Eq. (83) encontra-se:

$$k = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad (84)$$

$$k = \frac{-\frac{R}{L} \pm \sqrt{\frac{R^2}{L^2} - \frac{4}{LC}}}{2 \cdot 1} \quad (85)$$

$$k = \frac{R}{2L} \pm \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}} \quad (86)$$

$$k_1 = -\frac{R}{2L} + \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}} \quad (87)$$

$$k_2 = -\frac{R}{2L} - \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}} \quad (88)$$

A solução geral da Eq. (78) é a combinação linear das soluções independentes:

$$i(t) = i_0 \left[e^{-\frac{R}{2L} + \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}} t} + e^{-\frac{R}{2L} - \sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}} t} \right] \quad (89)$$

sendo que,

$$\sqrt{\frac{R^2}{4L^2} - \frac{1}{LC}} = \sqrt{-1 \left(\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2} \right)} \quad (90)$$

$$\sqrt{-1} \cdot \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} = \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} i \quad (91)$$

$$w = i \cdot \sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} \quad (92)$$

onde i representa o termo imaginário que é igual a $\sqrt{-1}$ e w a frequência angular para oscilações amortecidas do circuito RLC. Quando $R = 0$ a frequência angular de oscilação se reduz a $w = \sqrt{\frac{1}{LC}}$.

Substituindo a Eq. (92) em (89),

$$i(t) = i_0 e^{-\frac{R}{2L}t} [e^{+i\omega t} + e^{-i\omega t}] \quad (93)$$

Utilizando a identidade de Euler tem-se que:

$$e^{i\omega t} = \cos(\omega t) + i \operatorname{sen}(\omega t) \quad (94)$$

$$e^{-i\omega t} = \cos(\omega t) - i \operatorname{sen}(\omega t) \quad (95)$$

Somando as expressões da Eq. (94) com a Eq. (95) tem-se:

$$e^{i\omega t} + e^{-i\omega t} = 2 \cos(\omega t + \phi) \quad (96)$$

Substituindo a informação da Eq. (96) na Eq. (93) chega-se a seguinte forma da solução geral:

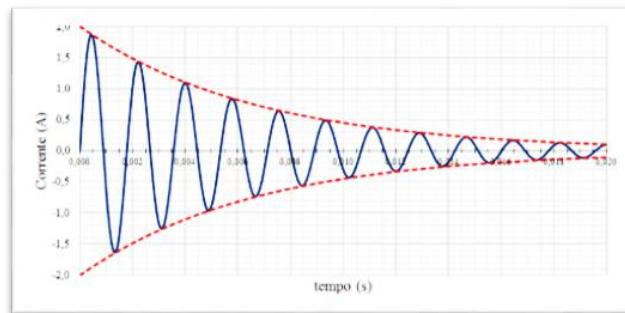
$$i(t) = i_0 e^{-\frac{R}{2L}t} [2 \cos(\omega t + \phi)] \quad (97)$$

ou

$$i(t) = i_0 e^{-\frac{R}{2L}t} \left[2 \cos \left(\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{4L^2}} t + \phi \right) \right] \quad (98)$$

onde i_0 e ϕ são constantes. A solução geral corresponde ao comportamento subamortecido (figura 17) representando a corrente como sendo senoidal com amplitude que diminui exponencialmente. A constante de fase ϕ permite que exista tanto carga quanto corrente, simultaneamente.

Figura 17 - Gráfico do circuito RLC quando a corrente elétrica cai exponencialmente indicando um comportamento subamortecido.



Fonte: Autoria própria (2019).

5.5 Transposição para o ensino médio

Neste tópico está elaborado uma transposição dos conteúdos de corrente de deslocamento e circuito RLC para o ensino médio.

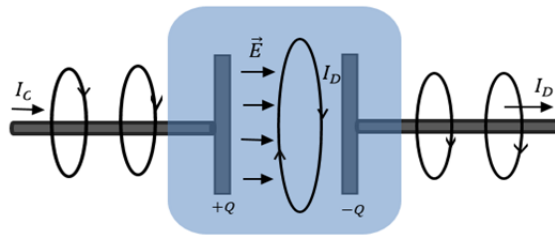
5.5.1 Corrente de deslocamento a nível de ensino médio

A figura 18 abaixo, mostra um capacitor de placas paralelas em processo de carga. Quando a corrente elétrica (corrente de condução I_C), passa pelo fio condutor carregando as placas do capacitor com carga Q , um campo elétrico \vec{E} é criado entre essas placas e sua intensidade aumenta conforme o aumento das cargas. Como não há a passagem de corrente I_C entre as placas do capacitor, o campo elétrico \vec{E} gera uma corrente elétrica de mesma intensidade chamada corrente de deslocamento I_D

Esta corrente I_D só surge quando o capacitor está ligado a uma fonte de tensão variante no tempo. Caso seja constante, a corrente I_D só existirá em um certo instante de tempo. Logo, a corrente elétrica que entra na placa esquerda do capacitor não será a mesma que sai na placa direita, embora ambas tenham a mesma intensidade.

Na medida em que o capacitor carrega, surge entre suas placas, área sombreada da figura 16, um campo magnético \vec{B} que apresenta intensidade cada vez maior ao afastar-se do eixo do fio condutor.

Figura 18 - Capacitor em carregamento criando corrente de deslocamento.



Fonte: Autoria própria (2019).

É justamente a corrente de deslocamento I_D que origina o campo magnético \vec{B} . Portanto, um campo elétrico \vec{E} variante no tempo gera uma corrente I_D , que por sua vez, atua como fonte de campo \vec{B} da mesma forma que a corrente de condução I_C é a fonte do campo \vec{E} .

5.5.2 Circuito RLC

Analisando novamente a figura 16, quando a chave S é fechada a fonte de tensão ε carrega o capacitor. Ao encontra-se totalmente carregado, a corrente elétrica proveniente da fonte ε cessa temporariamente e gradativamente o capacitor é descarregado no indutor e resistor. Dessa forma, um campo magnético \vec{B} variável é criado no indutor que, por sua vez, surge uma corrente elétrica induzida i_{ind} com sentido contrário à corrente elétrica inicial. O resistor fará com que parte da energia proveniente da descarga do capacitor no indutor seja dissipada, ou seja, a energia magnética armazenada no indutor será menor que a energia elétrica do capacitor. Este processo ocorre sucessivamente e o circuito apresenta oscilação subamortecida quando a resistência R for suficientemente pequena. Assim, por se tratar de um circuito oscilante a sua corrente elétrica decai exponencialmente com o tempo e a carga oscila entre $\pm Q$. A corrente será máxima quando a carga do capacitor for nula e será nula quando a carga for máxima, fazendo as oscilações diminuírem com o tempo.

6 Produto educacional

Este produto educacional consiste em quatro encontros ou oficinas de aulas dialogadas e expositivas com três momentos experimentais, baseadas na teoria de Gagné, sobre o ensino das ondas eletromagnéticas com enfoque no detalhamento das ondas de rádio. O elemento de motivação para este trabalho, foi o fato do tema ser pouco explorado no que se refere aos conteúdos programáticos do eletromagnetismo em sala de aula ou até mesmo em livros didáticos, já que muitos materiais são encontrados sobre os três ciclos de aprendizagem do eletromagnetismo (eletrostática, eletrodinâmica, indução eletromagnética) e pouca coisa é encontrado a respeito do 4º ciclo, correspondente ao estudo das ondas eletromagnéticas.

Como também os meios de telecomunicação serem bastante utilizados e estarem presentes no espectro das ondas de rádio. Mesmo o rádio ser considerado um meio comunicativo antigo, poucas pessoas tem o conhecimento dos princípios científicos básicos que estão por trás do seu funcionamento, sendo essa temática bem mais explorada pelos “amantes” da telecomunicação do que no ensino de física.

Para estimular o diálogo em cada aula e os discentes apresentem seus conhecimentos prévios a respeito do assunto, propositalmente, questionamentos foram levantados a respeito do conhecimento físico que os alunos adquirem durante os anos. Como um meio de relacionar conteúdos antigos com conteúdos novos e, também, revisar o que foi estudado durante a implementação deste produto.

A estrutura da sequência didática das aulas fora composta da seguinte forma como mostra a tabela 4.

Tabela 4 - Estrutura da sequência didática.

Aula	Tipo de atividade	Conteúdo	Duração	Recursos didáticos
01	Aula introdutória e inicialização do conteúdo.	Exposição do tema; Indução eletromagnética e circuito LC.	90 min.	Slides, quadro branco e piloto.
02	Conteúdo e momento experimental I.	Corrente de deslocamento, ondas eletromagnéticas e rádio galena.	90 min.	Slides, quadro branco e piloto.
03	Conteúdo e momento experimental II.	Espectro eletromagnético e suas aplicações, modulação e manipulação em código Morse.	90 min.	Slides, quadro branco e piloto.
04	Conteúdo e momento experimental III.	Subfaixas das ondas de rádio, antenas e propagação, radioamadorismo e transmissão na faixa do cidadão.	90 min.	Slides, quadro branco e piloto.
05	Avaliação	Avaliação da aprendizagem.	90 min.	Prova impressa.

Fonte: Autoria própria (2019).

6.1 Contexto da pesquisa

A aplicação deste produto foi realizada nas aulas de física, durante o período do mês de outubro e novembro de 2019, na Escola Estadual Maurício Freire, localizada na cidade de São Paulo do Potengi – RN. Esta escola foi fundada em 1929, e hoje, funciona nos três turnos de ensino (matutino, vespertino e noturno) nas modalidades regular, EJA e banca supletiva. Nela não estão somente matriculados alunos da zona urbana e zona rural da cidade, como também possui alunos das cidades vizinhas. Totalizando 600 alunos matriculados. A equipe docente é composta por 33 professores, sendo uma professora de educação especial e o restante, na maioria, possui formação na área que lecionam.

A estrutura física da escola é composta por: 08 salas, 01 laboratórios de ciências (com pouquíssimos materiais), 01 sala dos professores que também serve como coordenação pedagógica, direção, secretaria, almoxarifado, 01 quadra de esportes, 01 campo de areia, 01 refeitório, 01 cozinha com dispensa, cisterna, 03 banheiros (02 para os alunos e 01 para os professores e funcionários).

6.2 Descrição da turma

O trabalho referente a esta dissertação foi aplicado para uma turma do terceiro ano do ensino médio da modalidade regular, do turno vespertino. Esta turma é composta por 32 alunos com a faixa etária entre os 16 e 19 anos, sendo a maioria do sexo feminino. Aproximadamente metade da turma é residente da zona rural da cidade e depende do transporte escolar para ir à escola. Moram com os pais ou avós com renda mensal de um a três salários mínimos no máximo.

Apresentam dificuldades nas áreas de linguagens, ciências naturais e matemática, especificamente na disciplina de física. Trata-se uma turma dispersa que por qualquer motivo fogem do foco da aula, necessitando o professor recorrer a métodos de ensino que os envolvam para dá procedimento a aula. Apesar dessas atribuições, eles apresentam grande interesse em aprender, quando os assuntos lhes convêm, e costumam cooperar para o bom desenvolvimento da aula.

Em uma conversa geral com a turma, foi possível ver que a maioria tinha o objetivo de terminar o ensino médio para ingressar no mercado de trabalho e ajudar financeiramente a família. E, somente uns 7 alunos apresentaram vontade de ingressar no ensino superior ou curso técnico.

6.3 Aplicação do produto

1º encontro:

A primeira aula, foi inicializada esclarecendo para a turma os conteúdos previstos bem como deixando claro que o enfoque principal do projeto é o detalhamento das ondas de rádio e que cada conteúdo estudado, durante a implementação, está relacionado com o advento da internet e suas tecnologias.

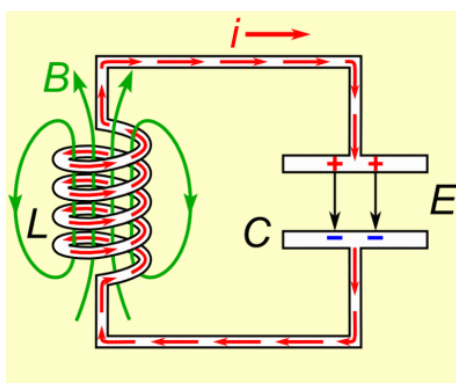
Nesta aula os conteúdos estudados, como mostra a tabela 4 acima, foi sobre a indução eletromagnéticas abordando enfaticamente a descoberta de Michael Faraday e a importância dela na sociedade atual e o funcionamento do circuito LC. Esta aula foi ministrada de forma dialogada e expositiva, onde rapidamente foi revisto o conceito de campo magnético e explicado claramente o experimento chave da descoberta de Faraday, os conceitos de corrente induzida e fluxo magnético.

Ao abordar o conceito de fluxo magnético a turma apresentou um pouco de dificuldade em compreendê-lo, principalmente, a equação do fluxo magnético. Mas, para melhor compreensão foi abordada uma analogia simples presente na realidade da turma. Ao relacionar o fluxo magnético a coleta de água com o auxílio de um balde em dias de chuva, mostrando que a quantidade de água captada dependeria da posição em que o balde se encontrava. Através dessa analogia, a turma conseguiu entender o conceito de fluxo magnético, como também, a equação correspondente.

Outro momento que apresentou dificuldade de entendimento, foi ao explicar o sentido da corrente induzida da lei de Lenz. A turma confundia o sentido das linhas de campo do fluxo magnético com o campo magnético induzido. Ao apresentar a regra da mão direita, como forma de auxiliar na determinação da corrente, a turma conseguiu compreender melhor essa parte do conteúdo. Tirando essas dificuldades comuns de serem vistas ao estudar o conteúdo de indução a turma conseguiu entender o conceito deste fenômeno.

Nesta aula o conteúdo que a turma mais apresentou dificuldade foi com relação ao circuito LC, o que já era esperado. Neste momento da aula, a turma não conseguia entender o processo de descarga do capacitor no indutor com a troca de polaridade das placas do capacitor. Mas, já prevendo essa dificuldade foi utilizado um gif animado, de uso livre, para ilustrar esse processo (figura 19). Este recurso ajudou bastante durante a explicação.

Figura 19 - Animação do diagrama do circuito LC.



Fonte: Wikimedia Commons¹

Este gif mostra que no processo de descarga do capacitor no indutor, surge um campo magnético variável que induz uma corrente e esta corrente induzida faz com que a polaridade das placas seja invertida, fazendo o circuito oscilar. Dessa forma, com a ajuda do gif e do quadro

¹ https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ATuned_circuit_animation_3.gif

foi explicado detalhadamente cada processo que ocorre no circuito e, assim, a turma conseguiu estabelecer uma noção básica do funcionamento do mesmo. A figura 20 abaixo retrata o momento da explicação desse circuito. Neste primeiro dia de aula pelo que foi observado o estudo do circuito LC foi o que mais chamou atenção dos alunos, justamente por estar relacionado com os equipamentos eletroeletrônicos utilizados por eles.

Figura 20 - Momento da explicação do circuito LC.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

2º Encontro:

Na segunda aula, antes de iniciar o estudo do conteúdo programado para o dia, foi realizado um breve momento de revisão sobre a aula anterior. Depois da revisão, a aula iniciou com o conteúdo de corrente de deslocamento explicando pausadamente este conceito criado por James C. Maxwell retomando sempre o que eles aprenderam sobre o circuito LC como um meio de exemplificar o que acontece entre as placas do capacitor. Este conteúdo foi abordado com uma linguagem mais simples sem adentrar em cálculos.

Após explicar sobre a corrente de deslocamento, a aula seguiu sobre o estudo das ondas eletromagnéticas, enfatizando as principais características desse tipo de onda e mostrando que elas estão presentes no dia a dia.

Depois da aula teórica, aconteceu o primeiro momento experimental sobre o rádio galena. Este momento da aula tratou-se de uma atividade experimental de demonstração, devido ao rádio galena ter sido levado para a turma já montado. O rádio galena foi apresentado a turma

como um modelo primitivo de rádio, porém, alguns alunos da turma não acreditaram se tratar realmente de uma rádio e que funciona-se como tal.

Antes de mostrar o funcionamento do aparato experimental foi levantado dois questionamentos: 1) Que tipo de rádio os alunos conhecem e qual a alimentação elétrica utilizada neles? 2) Um rádio pode funcionar sem está ligado a uma fonte de energia, seja ela uma pilha ou a energia elétrica? Na primeira pergunta a turma respondeu que conhecem somente a rádio web e o aparelho de comunicação via rádio que são alimentados pela energia elétrica ou por baterias para os aparelhos portáteis. Já a segunda pergunta a resposta obtida foi que é impossível um rádio funcionar sem uma fonte de energia, seja ela uma bateria ou rede elétrica.

Após esses questionamentos, foi mostrado para a turma um curto vídeo sobre o funcionamento do rádio galena. De início, o previsto era fazer o rádio funcionar na presença da turma, mas devido a localidade da escola e a desativação da maioria das estações de rádio AM no país não foi possível realizar essa prática como o esperado. Por isso, como uma segunda opção foi justamente mostrar para a turma o vídeo (<https://youtu.be/vvsX4eGE5rs>). Salientando que este vídeo foi gravado na sala do laboratório de física do IFRN – Campus Natal Central, por isso o som não ficou tão nítido devido a antena não está esticada. Mas, ao testar o rádio no campo de futebol do IF foi possível escutar mais estações de rádios com o som mais audível, sem muitos ruídos e interferências.

Em seguida, foi refeito o segundo questionamento sobre o rádio funcionar sem as conhecidas fontes de energia e as respostas obtidas foram modificadas. Onde passaram a acreditar no funcionamento do rádio galena sem está ligado a uma pilha ou uma tomada. Com isso, surgiu o terceiro questionamento, de onde vem a energia que faz o rádio funcionar? Cerca de 40% da turma responderam que a energia provem das ondas eletromagnéticas. Depois do breve debate com a turma, foi relatado um pouco sobre a história do rádio galena e explicado sobre cada processo envolvido no seu funcionamento, a figura 21 abaixo retrata este momento da aula. No final desta aula foi entregue a turma uma lista de exercício para ser resolvida em dupla e ser entregue no dia do teste avaliativo.

Figura 21 - Momento da apresentação do rádio galena.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

3º Encontro:

Nesta aula os conteúdos abordados foram o espectro eletromagnético, modulação e código Morse. Objetivo dessa aula foi apresentar as radiações eletromagnéticas e detalhar as ondas de rádio. Como no início das outras aulas teve o breve momento de revisão da aula anterior. Neste encontro foi estudado com a turma detalhadamente cada faixa do espectro eletromagnético apresentando suas principais características e aplicações mais comuns no cotidiano da turma.

O estudo do espectro das ondas de rádio, como previsto foi mais detalhado, abordando o processo de produção e emissão em uma estação de rádio e a recepção ao ouvinte destacando em cada etapa desse processo os fenômenos físicos envolvidos. No estudo sobre modulação além das duas modulações mais conhecidas, a AM e a FM, também foi abordado com a turma a modulação SSB (trata-se de um caso especial da modulação AM em que utiliza apenas uma das bandas laterais) e a CW que é a modulação do código Morse.

Logo após a aula teórica, aconteceu o segundo momento experimental intitulado código Morse. Neste momento a turma foi dividida em dupla sendo entregue a cada dupla uma tabela com alguns sinais utilizados na transmissão do código Morse, como mostra a figura 22 abaixo.

Figura 22 - Principais sinais da transmissão do código morse.

A	._	G	__.	M	__	S	...	Y	._..	5	.....
B	__...	H	....	N	_.	T	_	Z	__..	6	_....
C	._.	I	..	O	___	U	.._	1	._____	7	__...
D	__.	J	.____	P	._.	V	..._	2	..____	8	____..
E	.	K	._.	Q	__.	W	._.	3	..._.	9	_____.
F	....	L	._.	R	._.	X	__.	4	...._	0	----- -

Fonte: Autoria própria (2019).

Para este momento foi solicitado a turma que levassem uma lanterna para a prática da atividade da transmissão do código Morse. Por ser um sistema de reprodução de letras, números e sinais de pontuação codificado e enviado de modo intermitente através de pulsos ou tons longos e curtos. O piscar longo da lanterna corresponde ao traço e o piscar mais rápido ao ponto. Depois de explicado o funcionamento da atividade, foi sugerido as duplas formularem o nome de cada integrante e palavras como AMOR, PAZ, FÍSICA. Criando, assim, um momento interacional com a turma para solidificar o conhecimento. Este momento foi retratado, conforme a figura 23.

Figura 23 - Execução do momento experimental da transmissão do código morse.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Oportunamente os alunos tiraram dúvidas sobre o sinal da emissora de rádio AM não ser mais captada na cidade e se isso estava relacionado as antenas. Neste momento, foi esclarecido sobre a desativação das emissoras AM e que esse era um dos motivos do sinal ser muito fraco na região e o rádio galena não funcionar. Foi observado também durante as aulas e principalmente no 3º e 4º encontro que eles tinham conhecimento distorcido a respeito do sinal das emissoras de rádio. Visto que, para a maioria, as ondas de rádio FM eram as que tinham alcance maior (conseqüentemente eles achavam que a amplitude desse sinal também era grande) e que a qualidade de transmissão do sinal estava justamente relacionada ao seu alcance. De acordo com a concepção da maioria dos alunos, o sinal AM não chegava mais audivelmente a cidade porque tinha curto alcance, sendo isso percebido pela qualidade do sinal que apresentavam chiados.

4º Encontro:

Neste último encontro, os conteúdos ministrados foram sobre as subdivisões das subfaixas das ondas de rádio regulamentadas pela Anatel. Com destaque nas quatro subfaixas de radiofrequência mais comuns no cotidiano a MF, HF, VHF e UHF. Seguindo a continuidade do conteúdo programado, foi visto um pouco sobre o funcionamento básico de uma antena e que sua eficiência está relacionada ao comprimento físico, bem como as suas características básicas e alguns modelos comuns no dia a dia.

Durante a explicação, especificamente na classificação das antenas, um dos alunos compartilhou com a turma que já tinha observado ao tentar sintonizar uma dada estação de rádio FM não apresentar um sinal de boa qualidade. Enquanto, que outras estações apresentavam sinal melhor. A partir desse estudo sobre as antenas, ele percebeu (como também os demais integrantes da turma) que a captação desse sinal estava relacionada com a direção da antena para a estação emissora e, por isso, umas emissoras apresentam melhor sintonização que outras.

Logo em seguida, foi abordado o assunto referente a propagação das ondas de rádio na atmosfera terrestre e seu poder de reflexão nas camadas da mesma. Fechando o conteúdo da aula teórica foi esclarecido para a turma o que se tratava a pratica de radioamadorismo e suas classes.

Após a aula teórica, ocorreu o último momento experimental intitulado prática de radioamadorismo. Esta atividade foi realizada na quadra da escola com a participação do professor e radioamador Jacques Cousteau Borges, onde ele conversou com a turma um pouco

mais sobre o radioamadorismo e, logo em seguida, apresentou os equipamentos necessários para a prática (figura 24).

Figura 24 - Mesa com os equipamentos para a prática de radioamadorismo.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Os equipamentos utilizados para a transmissão de radioamadorismo são o rádio Px aquário RP-80, um transverter que converter ondas de 11 metros para 40 metros em ± 20 MHz, uma fonte de tensão de 12V, um medidor de ondas estacionárias, um PTT (Push-To-Talk) que trata-se de um comunicador caracterizado por ter uma única direção de transmissão de voz em tempo real, caixa de som aquário, rádios VHF/UHF UV-5 Baofeng.

Após toda a apresentação, o momento experimental propriamente dito iniciou com a comunicação nos rádios Baofeng UV-5 entre alguns alunos e o professor radioamador Jacques Cousteau e, depois, entre os próprios alunos. A figura 25 abaixo retrata este momento, concretizando essa parte tão importante do momento experimental que foi o envolvimento da turma. Cabe aqui enfatizar que o uso dos rádios foi realizado por um radioperador devidamente licenciado pela ANATEL.

Figura 25 - Transmissão com os rádio VHF/UHF UV-5 Baofeng.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Seguindo a continuidade desse momento, ocorreu a comunicação de algumas faixas do radioamadorismo como as de 11 metros (faixa do cidadão), 20 metros e 40 metros. Onde foi possível ouvir um pouco a comunicação de outros radioamadores nessas faixas, como também escutar a rádio do Vaticano. Na figura 26 abaixo, ilustrar um desses momentos da comunicação radioamadora.

Foi na faixa dos 11 metros (faixa do cidadão) que se conseguiu a transmissão com um outro radioamador localizado na cidade de São Caetano do Sul no estado de São Paulo, como pode ser visto na figura 27 um dos momentos da transmissão com a ajudar de alguns alunos.

Figura 26 - Comunicação em outras faixas do radioamadorismo.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Figura 27 - Momento da transmissão na faixa do cidadão.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Devido as condições climáticas, a localização e outros fatores que influenciaram a transmissão não foi muito clara. Uma vez que, a partir das 15:30h da tarde é que as camadas ionosféricas iniciam o seu alto poder de ionização e, assim, as transmissões radioamadoras ocorrem com mais facilidade. Mas, retirando esses pequenos contratemplos foram observados o interesse e a admiração da turma a respeito do que foi estudado durante esses encontros.

7 Resultados e discussões

A aplicação desta sequência didática teve como meios avaliativos os procedimentos e atitudes com relação a participação, cooperação e disciplina da turma no decorrer das aulas. Servindo para direcionar o desenvolvimento da aplicação e os momentos em que a turma apresentou dificuldades, como foi no primeiro encontro ao ser estudado o conteúdo de indução eletromagnética (dificuldade já relatada na aplicação do 1º encontro).

Com base na fase de generalização e o processo de transferência da teoria de Gagné, onde o aprendiz utiliza o conhecimento aprendido em outro contexto. Esta proposta, contou também, com uma atividade em dupla (lista de exercício) para ser realizada em um ambiente fora da sala de aula. O propósito dessa atividade, era propiciar a interação entre os colegas e estimular a pesquisa em fontes como o livro didático e a própria internet. A segunda atividade, trata-se de um relatório informal, em que os alunos tiveram a liberdade de se expressar a respeito das aulas ministradas e dos momentos experimentais. E por último, um teste avaliativo para saber se a turma alcançou os resultados esperados a respeito do aprendizado do conteúdo contextualizado.

7.1 Atividade avaliativa I: lista de exercício

No que diz respeito à lista de exercício (**Apêndice A**), foi entregue a turma no segundo encontro para que tivessem tempo suficiente para resolverem e tirarem suas dúvidas. Esta atividade é composta por questões desde conceituais a questões que envolvem cálculos simples dos conteúdos estudados. Foi possível perceber a dificuldade que a turma apresenta na resolução das questões que envolveram cálculos. Muitos acabaram não sabendo atribuir os valores das variáveis da equação, e por isso, não alcançavam os valores exatos, mesmo com as suas dúvidas sendo esclarecidas no decorrer dos encontros.

No entanto, foi observado que alguns alunos procuraram explicar sua resposta antes de realizarem os cálculos e isso foi satisfatório, pois eles analisavam a questão para saber qual parte conceitual abordava para assim empregar a equação correta. A seguir tem-se a análise das respostas de duas duplas da letra *a* e *b* da questão 05 desta atividade.

5. As ondas de rádio AM encontra-se na faixa de frequência de 530 kHz a 1600 kHz, que é subdivida em subfaixas, cada uma corresponde a uma estação de rádio. Considere uma estação de rádio AM com frequência de 600 kHz.

a) Descreva de que maneira a onda eletromagnética é gerada pela antena emissora.

Resposta da dupla A: “As ondas eletromagnéticas são produzidas quando as cargas elétricas são aceleradas induzindo uma corrente elétrica na antena que cria campo magnético e elétrico também induzido.”

Resposta da dupla B: “O microfone transforma a onda sonora em corrente alternada, essa corrente é amplificada e processada pela estação transmissora. A corrente é levada até a antena fazendo oscilar elétrons ao longo dela e produzindo uma onda eletromagnética que contém a informação da onda original.”

b) Identifique o fenômeno que ocorre na antena receptora e que permite a captação das informações transmitidas pelo rádio.

Resposta da dupla A: “O fenômeno da indução eletromagnética permite que sejam usadas nas transmissões de rádio e televisão, pois tem uma força eletromotriz induzida na antena que possui a mesma informação da onda transmitida. ”

Resposta da dupla B: “A variação do campo magnético e elétrico da onda eletromagnética estabelece uma força eletromotriz induzida na antena receptora criando o fenômeno da indução eletromagnética. ”

Ao escolher esta questão, o intuito era justamente averiguar se o aluno conseguiu compreender os processos de transmissão e recepção de uma estação de rádio, associando ao fenômeno da indução e as ondas eletromagnéticas. E, com as respostas obtidas foi averiguado que a turma conseguiu chegar a esse ponto.

7.2 Atividade avaliativa II: relatório

Esta atividade trata-se de um breve relato informal dos discentes sobre a proposta de ensino aplicada, como uma forma de avaliar se houve o aprendizado dos conteúdos ensinados. Analisando os relatórios, observou-se que os alunos gostaram muito do estudo das ondas eletromagnéticas relacionando-as ao cotidiano e, principalmente, dos momentos experimentais. Isto ficou comprovado na seguinte afirmação de um dos alunos “a experiência das aulas práticas

foram um máximo” e outras afirmações como “gostei muito das aulas práticas, deveria ter mais, pois nos divertimos e aprendemos”.

Logo após, tem-se os comentários dos discentes retirados do relatório.

- “Bom, essas três semanas foram bastante interessante, pois vimos coisas diferentes que poderia ser perguntas da vida que jamais poderíamos responder. Aprendemos sobre o campo magnético, o campo elétrico, as ondas de rádio. Achei interessante, pois era uma dúvida que sempre tive em saber de onde vinham todos esses sinais de TV, rádio, wi-fi sem contar que tudo isso faz parte do nosso dia a dia.”
- “ Nas aulas que tivemos, vários assuntos foram abrangidos como o código Morse que foi um deles que podemos comunicar-se também através de luz, fazendo gestos. Outro tema que foi muito explicado foi o rádio galena que tivemos um pequeno entendimento sobre ele. [...] eu gostei muito, mais a mais legal foi do rádio que pessoas se comunicam por maneiras diferentes.”
- “A amostra de radioamadorismo foi divertida, as tentativas de falar com as pessoas de outros rádios, os códigos para simplificar a comunicação, as interações, foi tudo bastante interessante.”
- “Das duas experiências que mais gostei foi a transmissão de radioamador por ser algo mais atual e está presente em nosso cotidiano, diferente do código Morse.”
- “É incrível descobrir como funciona a transmissão de rádio, tem todo um processo por trás do rádio para ele poder funcionar e a oficina ajudou a compreender melhor esse mecanismo. E na última demonstração que houve foi muito importante para que nós alunos que aprendeu um pouco na teoria podemos compreender mais ainda na prática, todas as dinâmicas foram muito importante nesse aprendizado.”
- “foram bem legais as aulas, o conteúdo da oficina é meio complicado, mas foi bem divertido aprendermos [...] a demonstração de radioamador foi muito legal ver aquilo e aprender sobre. Foi ainda melhor conseguirmos ouvir uma pessoa de São Paulo mesmo o sinal não tão bom, mas mesmo assim foi bom demais aprendermos algumas coisas sobre o radioamadorismo e os professores falou que o sinal fica melhor a noite.”

A intenção ao solicitar esta atividade para a turma, foi justamente conseguir saber o grau de satisfação dos discentes com a proposta de ensino aplicada e, conseqüentemente, o que eles conseguiram aprender das aulas. Que por mais simples que seja a proposta de ensino, tem muito valor para os mesmo que vem de um ensino público precário. A escolha dessa atividade foi

feita juntamente com a professora efetiva da turma para dá a oportunidade dos discentes mais reservados a se manifestarem sobre a intervenção. Estes comentários selecionados acima dos relatórios nos comprovam que o intuito foi alcançado, não cem por cento, mas foi satisfatório saber que os alunos aprenderam e interagiram.

7.3 Atividade avaliativa III: teste

No teste avaliativo (**Apêndice A**) a turma teve 90 minutos de tempo disponível para responder as seis questões propostas. Nessas questões abordavam conteúdos a respeito do magnetismo, a experiência de Oersted, a indução eletromagnética de Faraday, conhecimentos explicados a respeito dos momentos experimentais I e III, as características importantes das ondas eletromagnéticas e o estudo detalhado das ondas de rádio como modulação, faixa de radiofrequência e propagação. A seguir tem-se a análise das questões mais importantes do teste.

3. Quais são os quatro processos que compõe o funcionamento do rádio galena? Em breve palavras descreva cada um deles.

Resposta do aluno A22: “A antena tem o papel de captar as ondas de rádio AM e consequentemente de fornecer energia ao circuito. Indutor e capacitor são responsáveis por criar a sintonia do sinal do circuito. O diodo separa as frequências do sinal AM sintonizado. O retificador escolhe a frequência mais baixa. O fone de alta impedância converte o sinal elétrico para sinal audível. E temos também o aterramento que serve para a corrente ter um caminho para fluir no circuito.”

Resposta do aluno A5: “O processo da recepção a antena capta a corrente do sinal e leva a bobina. A sintonia ocorre na bobina e capacitor escolhendo a estação de rádio. Tem o processo de detecção e o de reprodução que é o som que conseguimos ouvir.”

Análise: O objetivo dessa questão era saber se os alunos compreenderam o funcionamento do rádio galena. Mesmo a resposta não sendo explicitamente o que foi perguntado, a maioria dos discentes responderam como o aluno A22 por não lembrar os processos. Mas, lembravam a função de cada dispositivo que compõe o rádio retratando cada processo. E outros alunos como o aluno A5 lembrou o nome dos processos, porém, não conseguiu descrever a função de todos.

4. Sabemos que as ondas eletromagnéticas são de extrema importância na sociedade atualmente, então com base no que foi estudado responda:

a) O que são as ondas eletromagnéticas e como se propagam?

Resposta do aluno A7: “São ondas que são geradas pela presença de um campo magnético e elétrico que se propagam no espaço entre si.”

Resposta do aluno A22: “As ondas eletromagnéticas são ondas que se propagam em dois campos o elétrico e o magnético entre si no vácuo.”

b) Quais são as semelhanças e diferenças entre as ondas mecânicas e as ondas eletromagnética?

Resposta do aluno A7: “Diferente das ondas eletromagnéticas que não usam um meio físico para se propagar, as ondas mecânicas se propagam-se na matéria. E as duas carregam energia.”

Resposta do aluno A22: “As ondas mecânicas necessitam de um meio material para se propagar, já as ondas eletromagnéticas são ondas que se propagam em qualquer meio, seja este constituído de matéria ou não. Essas ondas transportam energia.”

c) No que consiste o espectro eletromagnético e o que diferencia uma radiação da outra?

Resposta do aluno A7: “São radiações de diferentes níveis de radiação e intensidades eletromagnéticas diferenciando uma das outras o comprimento de onda e frequência.”

Resposta do aluno A22: “É um intervalo completo de radiações eletromagnéticas com diferentes frequências e comprimentos de onda.”

Análise: Esta questão teve como objetivo saber se os discentes compreenderam e entenderam as ondas eletromagnéticas e suas características. Com base na análise das outras respostas percebeu-se que a maioria da turma conseguiu alcançar este objetivo, aumentando o nível de satisfação a respeito dessa proposta de ensino.

5. Com base no estudo sobre o espectro das ondas de rádio, cite as semelhanças e diferenças das ondas de rádio AM e FM como também as suas vantagens e desvantagens.

Resposta do aluno A7: “São ondas eletromagnéticas usadas na transmissão de rádio, ambas trabalham em frequências diferentes uma VHF outra MF. A vantagem da FM é que não há tanto ruído quanto a AM, de forma a não atrapalhar outras transmissões, porém não tem um alcance tão longo quanto a AM. A AM apresenta os aspectos reversos da FM, ou seja, muito ruído e longo alcance.”

Resposta do aluno A10: “A semelhança delas é que são ondas eletromagnéticas usadas para comunicação. A AM tem a vantagem do sinal ir muito longe e desvantagem o sinal não é bom. A FM a vantagem é o som ser limpo e desvantagem o sinal é curto, cobre pouca área.

Análise: Como nas demais questões o objetivo dessa foi saber de os alunos conseguiu compreender e entender as ondas rádio, principalmente, sobre as modulações. Analisando as respostas observou-se que boa parte da turma entendeu e conseguiu distinguir um sinal AM do FM.

Portanto, analisando o conjunto de todas as respostas dos discentes a respeito não só do teste como também das demais atividades avaliativas, foi averiguado que está proposta de ensino alcançou os níveis de satisfações esperados. Visto que, foi bem recebida pelos discentes e estes conseguiram entender o estudo de conceitos físicos na análise do cotidiano. O que comprovou a importância de contextualizar o estudo dos conteúdos da disciplina de física com a realidade vivida no dia a dia.

8 Considerações finais

A partir da análise de todo o desenvolvimento desse trabalho pode-se definir que esta sequência de ensino teve como finalidade a contribuição no processo de ensino-aprendizagem da turma sobre o estudo das ondas eletromagnética com enfoque nas ondas de rádio.

Durante aplicação do produto foi observado e comprovado o que já tinha sido informado pela a equipe de coordenação da escola Maurício Freire. A turma apresentava sinais de indisciplina quanto a fugirem do foco da aula e, já ciente disso, as aulas foram planejadas para evitar esse “problema”, claro que não inteiramente. Em certos momentos houveram as dispersões dos alunos, contudo, o processo de ensino-aprendizagem não foi afetado.

Fora isso, a turma foi participativa e atenta tanto nas aulas teóricas quanto nos momentos experimentais, cooperando para o bom desenvolvimento das aulas e na proposição das atividades por serem relevantes ao seu cotidiano.

Foi observado também que os discentes eram capazes de identificarem a forma, a frequência e o período de uma onda, conhecimentos estes adquiridos em estudo anterior sobre a ondulatória. No entanto, no que diz respeito a percepção cotidiana a turma não associava as ondas eletromagnéticas aos meios de comunicação mais utilizados diariamente e essa visão foi mudada no decorrer das aulas.

Dessa forma, a aplicação desta proposta trouxe pontos positivos visto que a maioria da turma apresentou evolução na sua aprendizagem e, que, mais momentos experimentais no ensino de ciências da natureza é primordial para facilitar a evolução na estrutura cognitiva dos aprendizes.

No entanto, é reconhecido que esta proposta de ensino precisa melhorar, apresenta pontos falhos como qualquer outro trabalho. E o fato da aplicação dessa sequência de ensino precisar de ajustes na medida em que é aplicada em outras turmas, visto que o aprendizado de uma turma não é igual a de outra. E, desse modo, o planejamento das aulas não é algo estático e sim dinâmico, principalmente no estudo das ondas eletromagnéticas por abranger tantas tecnologias cada vez mais presentes em nosso entorno. Como também, faltou mais tempo disponível para a aplicação da proposta de ensino.

Portanto, espero que este trabalho possa contribuir para que outros docentes possam desenvolver atividades similares ou até mesmo iguais a esta. E que, sirva de inspiração para

novas propostas de ensino relacionando-as a atividades experimentais ou computacionais, sejam elas mais ou menos elaboradas. O que importa é conseguirem mudar a estrutura cognitiva dos discentes e o processo de ensino-aprendizagem seja relevante para os mesmos.

Referências

- ANDREOLLA, Clementina Verginia. **Identificando os tipos de antena**. Portal do professor, 2013. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=48927>. Acesso 15/05/2019.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Ensino Médio. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.
- BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Lei no. 9.394, 20 de dezembro de 1996.
- BRUSCATO, Gentil César. **O ensino de física através das atividades práticas realizadas na instalação, operação e manutenção de uma estação radioamadora**. 177. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- CAMILLO, C. M., & MEDEIROS, L. M. (2018). *Teorias da educação*. Santa Maria, RS: UFSM, NTE.
- CARRETERO, Mario. *Construtivismo y educacion*. Zaragoza: Luis Vives, 1993.
- CARVALHO, A. M. P. (2010). As práticas experimentais no ensino de física. *CARVALHO, Anna Maria Pessoa et all. Ensino de física. São Paulo: Cengage Learning, 53-77.*
- CARVALHO, Regina P. **Microondas**. 1ª ed. São Paulo: Editora Livraria da física, 2005.
- de Oliveira, M. M. L., da Costa, R. D. C., Sotelo, D. G., & da Rocha Filho, J. B. **PRÁTICAS EXPERIMENTAIS DE FÍSICA NO CONTEXTO DON ENSINO PELA PESQUISA: UMA REFLEXÃO** (Experimental practices of physics in the contexto of the educating through inquiry: a reflection).
- DORIA, Mauro M. MARINHO, Franciole da Cunha. **Ondas e bits**. 1ª ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.
- DORNELES, Pedro Fernando Teixeira. **Integração entre atividades computacionais e experimentais como recurso instrucional no ensino de eletromagnetismo em física geral**. 2010.

- DOS SANTOS, C. A. A luz e algumas de suas tecnologias: um estudo da física. In: _____. (org.) O fóton e sua atribulada existência de 1905 a 1925. Ponta Grossa: Ed. UEPG, 2017. P. 95-154.
- FERNANDES, Renato José. **Sequência didática na física escolar: rádio de galena e o ensino de ondas e eletromagnetismo**. 2018. 119. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.
- FERRARO, Nicolau Gilberto. TORRES, Carlos Magno A. PENTEADO, Paulo Cesar M. Física, volume único. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2012.
- Gaspar, A., & de Castro Monteiro, I. C. (2016). Atividades experimentais de demonstrações em sala de aula: uma análise segundo o referencial da teoria de Vygotsky. *Investigações em ensino de ciências*, 10(2), 227-254.
- GRAF. **Física 3: Eletromagnetismo**. 4ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000.
- GRAF. **Leituras de física**. Eletromagnetismo. **Instituto de Física da USP**. Versão preliminar. Disponível em: <http://www.if.usp.br/gref/eletro/eletro5.pdf> . Acesso em: 15/02/2019.
- GRIFFITHS, D. J. **Eletrodinâmica**. [S.I.]: Pearson Addison Wesley, 2011.
- Mangili, Al (2011). Heinrich Rudolph Hertz e o efeito fotoelétrico.
- MARTÍNEZ, Julio. Construcción de una radio de galena paso a paso. **Suplemento MQR – Edición electrónica**, Valencia-Alaquàs, ClubS500, 2013. Disponível em: <http://aer.org.es/wp-content/uploads/2016/01/suple01.pdf>. Acesso em: 25/05/2019.
- MELLO, Hilton A. de. Manual da faixa do cidadão. Disponível em: <http://www.hamello.com/PDF/ManualdaFaixaDoCidadaoLivroCompleto.pdf> Acesso em 18/02/2019.
- Mizukami, M. da G. N. (1986). Ensino: as abordagens do processo (cap. 2, pp. 19-36). São Paulo: EPU.
- Moreira, M. A. (1999). Teorias de aprendizagem (cap. 3, pp. 49-63). São Paulo: EPU.
- Moreira, M. A. (1999). Teorias de aprendizagem (cap. 4, pp. 65-79). São Paulo: EPU.

- Pereira, M. V., & do Amaral Moreira, M. C. (2017). Atividades prático-experimentais no ensino de física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 34(1), 265-277.
- ORNETTA, Víctor Cruz. Diseño y Fabricación de una Antena Log-Periódica 200-1000 MHz. *Electrónica-UNMSM*, n. 16, p. 3-11, 2005.
- RAMALHO JÚNIOR, Francisco. FERRARO, Nicolau Gilberto. SOARES, Paulo Antônio de Toledo. Os fundamentos da física. 10. Ed. São Paulo: Moderna, 2009.
- Rosito, B. Á. (2003). O ensino de ciências e a experimentação. *Construtivismo e ensino de ciências: reflexões epistemológicas e metodológicas*, 3, 195-208.
- ROSSINI, Rodrigo Teixeira. **Transmissão e recepção de ondas eletromagnéticas: uma abordagem experimental para o ensino médio e técnico.** (2016) Tese de Doutorado. Universidade Federal do Rio de Janeiro.
- Scarpati, R. (2018). *Atividades computacionais e experimentais como ferramentas de ensino da eletricidade (Master's thesis)*.
- Sousa, P. C. F. L. (2013). *Radioamadorismo escolar e o prazer de estar na escola: um estudo de caso* (Doctoral dissertation).
- WIKIPÉDIA. (Abril de 2019). Fonte: Wikipédia A enciclopédia livre: https://pt.qwe.wiki/wiki/Yagi%E2%80%93Uda_antenna

Apêndice A - Atividades avaliativas

Escola Estadual Maurício Freire
Prof^a: Maria Aparecida
Aluno (a):

Turma: 3^a A

Lista de exercício

Atenção: Todas as respostas devem ser justificadas. E não esqueça as unidades das grandezas físicas.

Questão 01) Estabeleça semelhanças e diferenças entre campo elétrico e campo magnético.

Questão 02) Um fio retilíneo é percorrido por uma corrente elétrica de intensidade de 5 mA. Caracterize o vetor indução magnética em um ponto localizado a 2 cm desse fio. Considere $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7} \text{ T} \cdot \text{m/A}$.

Questão 03) Um fio de cobre desencapado é enrolado de modo a produzir um solenoide com 200 espiras de raio 2 cm, em um comprimento de 20 cm. Calcule a intensidade do campo magnético produzido no interior do solenoide, sabendo que ele é percorrido por uma corrente de 2 A.

Questão 04) Uma superfície de área igual a $2,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2$ está imersa em um campo magnético de intensidade 2 000 T. O fluxo magnético dessa superfície mede 2,5 Wb. Determine o ângulo entre o vetor campo magnético e a normal à superfície.

Questão 05) As ondas de rádio AM encontra-se na faixa de frequência de 530 kHz a 1600 kHz, que é subdivida em subfaixas, cada uma corresponde a uma estação de rádio. Considere uma estação de rádio AM de frequência 600 kHz.

- Descreva de que maneira a onda eletromagnética é gerada pela antena emissora.
- Identifique o fenômeno que ocorre na antena receptora e que permite a captação das informações transmitidas pelo rádio.
- Calcule o comprimento da onda portadora correspondente a estação citada no enunciado da questão.

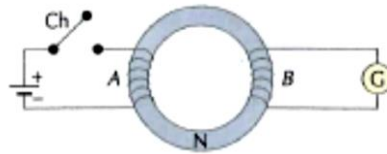
Questão 06) Em uma residência há um forno de micro-ondas e um controle remoto que opera emitindo radiação infravermelha. Um desses aparelhos funciona emitindo sinais de $3,3 \cdot 10^{14}$ Hz, enquanto o outro emite ondas igual a 2,45 GHz. Associe as ondas cujas características

foram citadas ao forno e ao controle e calcule o comprimento de onda das radiações emitidas pelos dois aparelhos.

Questão 07) Uma espira quadrada com 8 cm de lado é inserida perpendicularmente as linhas de indução magnética de um campo uniforme de 0,01 T. Esse campo é anulado em 1,5s. Calcule:

- A variação do fluxo magnético através da espira;
- O módulo da força eletromotriz induzida nesse intervalo de tempo.

Questão 08) Na montagem da figura a seguir, A e B são enrolamentos de fios condutores, G é um galvanômetro e N um núcleo de ferro.



- Há uma corrente transitória em G, quando a chave Ch é fechada.
- Há corrente em G, enquanto Ch estiver fechada.
- Somente haverá corrente em G, quando Ch for aberta.
- Nunca haverá corrente em G.
- Nenhuma das afirmações é correta.

Questão 09) Determinada emissora de rádio transmite na frequência de 6,1 MHz. A velocidade da luz no ar é $3,0 \cdot 10^8$ m/s. Para sintonizar essa emissora necessitamos de um receptor que opere na faixa de:

- 13 m
- 19 m
- 25 m
- 31 m
- 49 m

Questão 10) As micro-ondas geradas pelos telefones celulares são ondas de mesma natureza que a:

- do som, mas de menor frequência.
- da luz, mas de menor frequência.
- do som, e de mesma frequência.

- d) da luz, mas de maior frequência.
- e) do som, mas de maior frequência.

Escola Estadual Maurício Freire

Prof^ª: Maria Aparecida Lino

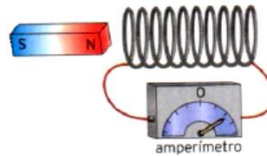
Turma: 3^a A

Aluno (a): _____ Nota: _____

Avaliação

Questão 01) Descreva a experiência de Oersted. No que consistiu essa experiência?

Questão 02) Uma bobina está ligada aos terminais de um amperímetro. Um ímã está próximo a bobina, como indicado na figura, descreva o que indicará o amperímetro:



- Se o ímã for aproximado da bobina.
- Caso o ímã seja afastado da bobina e caso fique parado próximo a ela.
- Identifique as transformações de energia que ocorrem na situação do item anterior.

Questão 03) Quais são os quatro processos que compõe o funcionamento do rádio galena? Em breves palavras descreva cada um deles.

Questão 04) Sabemos que as ondas eletromagnéticas são de extrema importância na sociedade atualmente, então com base no que foi estudado responda:

- O que são as ondas eletromagnéticas e como se propagam?
- Quais são as semelhanças e diferenças entre as ondas mecânicas e as ondas eletromagnética?
- No que consiste o espectro eletromagnético e o que diferencia uma radiação da outra?

Questão 05) Com base no estudo sobre o espectro das ondas de rádio, cite as semelhanças e diferenças das ondas de rádio AM e FM como também as suas vantagens e desvantagens.

Questão 06) Com relação ao estudo das ondas de rádio e sua propagação julgue as afirmativas abaixo.

- I. As ondas de rádio são ondas sonoras que se propagam no espaço e são refletidas na estratosfera.
- II. Ao contrário das micro-ondas, as ondas de rádio são ideais para a telecomunicação por serem refletidas na camada atmosférica terrestre.
- III. As antenas transmissoras de ondas de rádio irradiam sinais elétricos convertidos em ondas eletromagnéticas e ao chegar a antena receptora são novamente convertidas em sinais elétricos, onde são amplificados e codificados chegando até nós como imagem ou som.
- IV. Os circuitos oscilantes são responsáveis por gerar as ondas de rádio, sendo somente por dois dispositivos: o indutor e o resistor.
- V. A faixa de radiofrequência VHF é ideal para transmissões locais e a faixa UHF garante sinais de qualidade.

Das afirmativas acima, quais estão corretas:

- a) Somente II, IV e V.
- b) Somente I, II e IV
- c) Somente II, III e V.
- d) Somente I, II e III.
- e) Nenhuma das afirmativas.

Apêndice B - Produto educacional



SEQUÊNCIA DIDÁTICA

Elementos de radioamadorismo no ensino de ondas eletromagnéticas

Maria Aparecida da Silva Lino

Produto educacional apresentado em Dissertação de Mestrado do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte (IFRN), no Curso de Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Mestre em Ensino de Física.

Orientador: Jacques Cousteau da Silva Borges

Natal

2019

1 Introdução

Caros professores,

É de conhecimento de todos que o conteúdo programático de eletromagnetismo é subdividido em quatro ciclos de aprendizagem: a eletrostática, a eletrodinâmica, a indução eletromagnética e as ondas eletromagnéticas, sendo geralmente assim apresentadas em livros e materiais didáticos. O 4º ciclo, embora seja fortemente recomendado o seu estudo pelos documentos norteadores dos currículos de ensino médio, possui temática pouco explorada tanto pelos docentes como pelos livros didáticos.

Assim sendo, esta proposta metodológica tem como objetivo uma sequência didática revisando o 3º ciclo para adentrar no 4º ciclo de aprendizagem do conteúdo programático de eletromagnetismo, a nível de ensino médio, com enfoque no detalhamento do espectro eletromagnético das ondas de rádio. Buscando empregar materiais contextualizados e introduzidos no cotidiano fazendo consonância com as necessidades da BNCC. Ao focalizar a interpretação de fenômenos naturais e processos tecnológicos possibilitando aos discentes a apropriação de conceitos, procedimentos e teorias referente as ciências da natureza contribuindo com a construção de uma base de conhecimentos contextualizados. De modo, que os alunos percebam que estudar física não está fora da vivência da sua vida cotidiana.

Os meios comunicativos são bastantes utilizados pelos discentes no seu dia a dia, no entanto, os princípios científicos básicos a respeito do funcionamento desses crescentes avanços tecnológicos ainda são na sua maioria desconhecidos pelos discentes. Portanto, esse também foi um dos motivos que levou a trabalhar essa temática em sala de aula, já que o estudo detalhado do espectro das ondas de rádio é de certa forma destinados ao pessoal das telecomunicações.

Assim, promover no ensino de física o conhecimento científico relacionado com a realidade dos discentes de forma simples pode favorecer a aprendizagem desses conteúdos e fazer com que os discentes saibam estabelecer a ligações do conteúdo com a realidade.

Desse modo, essa sequência retoma ao conteúdo de indução eletromagnética, abordando as leis de indução de Faraday e Lenz e, a partir delas, constrói a descrição dos circuitos elétricos LC e RLC e sua relação com as ondas eletromagnéticas, dando ênfase principal ao estudo do espectro das ondas de rádio.

Desta forma, este material educacional fica organizado para ser executado em 5 oficinas teórico-experimental como descrito no cronograma de execução abaixo (tabela 1), conforme disponibilidade de tempo da escola/professor.

As atividades previstas incluem introdução do que será trabalhado, aulas de revisão de conhecimentos, inclusão do conteúdo novo, momentos experimentais e avaliação da aprendizagem. Aqui não será destacado claramente o conteúdo estudado, pois a partir do capítulo 2 está explicado todo o assunto que será abordado em sala de aula, inclusive os momentos experimentais, como uma pequena apostila de acordo com o que está previsto no cronograma.

Tabela 5 - Cronograma de execução

Semana	Tipo de Atividade	Conteúdo
01	Introdução do tema e conteúdo.	Indução eletromagnética e circuito LC.
02	Conteúdo e momento experimental I.	Corrente de deslocamento e ondas eletromagnéticas. Radio Galena.
03	Conteúdo e momento experimental II.	Espectro eletromagnético e suas aplicações, modulação. Manipulação em código Morse.
04	Conteúdo e momento experimental III.	Sub-faixas das ondas de rádio, antenas, propagação. Prática de radioamadorismo.
05	Avaliação.	Avaliação de aprendizagem.

Na primeira semana, será apresentado para a turma o que será trabalhado no decorrer dessas 05 semanas, procurando fazer uma problematização simples para que a turma interaja, indagando os alunos sobre os meios de comunicação utilizados do século passado com os utilizados atualmente, procurando mostrar que no decorrer dos anos houve a necessidade de os sistemas de comunicação serem mais rápidos, seguros e confiáveis. Os alunos também serão motivados com perguntas sobre conteúdos vistos anteriormente para averiguar o conhecimento deles a respeito do conhecimento científico velho com o novo.

Já as atividades de conteúdo, serão todas aulas expositivas dialogadas procurando passar para os alunos o ‘para que’ estudar tal conteúdo, como um meio de fazer com que reflitam sobre a importância de tal conhecimento e assimila-lo com eventos do cotidiano. Nessas aulas deveram ser utilizadas recursos midiáticos como o PowerPoint para ajudar a ilustrar com imagens.

Ressaltando, que ao início de cada aula, terá um momento reservado para recapitular o conceito chave que foi estudado na aula anterior, verificando assim se houve a assimilação correta do conteúdo. Essa verificação da aprendizagem em cada semana servirá também como avaliação diagnostica da turma.

Os momentos experimentais estão previstos para ser aulas mais dinâmica, em que será demonstrado e explicado qualitativamente o conceito a respeito do experimento. Onde será relatado um pouco sobre o contexto histórico de cada atividade e indaga-los com perguntas simples sobre o conteúdo estudado antes de cada momento experimental. No capítulo 5 referente ao momento experimental I está descrito a montagem do rádio galena.

Por fim, no decorrer deste material didático é apontado a importância de sempre enfatizar ou relembrar determinado conceito com a turma e a proposta apresentada pode ser modificada de acordo com as necessidades que surgirem.

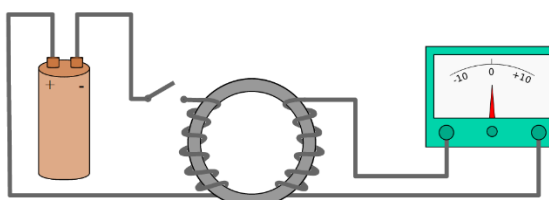
2 Revisando a indução eletromagnética

Desde da descoberta de Oersted, em que um campo magnético \vec{B} é gerado por uma corrente elétrica, surgiu na época a dúvida entre os cientistas se era possível uma corrente elétrica ser gerada a partir de um campo magnético \vec{B} .

Alguns anos depois, Michael Faraday após realizar vários experimentos e aparatos experimentais chegou à conclusão de que uma corrente elétrica pode ser produzida a partir de um campo magnético \vec{B} . Porém, Faraday nos seus estudos, verificou não ser necessário somente a presença de um campo \vec{B} em um determinado circuito, mas que esse campo magnético \vec{B} seja variável. Ou seja, é necessário a variação de fluxo magnético Φ_B .

Utilizar um experimento composto por uma bateria, um núcleo de ferro com fio enrolado e um amperímetro conectado a um segundo fio, como mostra a figura 1 abaixo, é possível comprovar o surgimento da corrente elétrica somente no instante em que o circuito é aberto ou fechado. Este foi o experimento realizado por Faraday.

Figura 28 - Esquema de arranjo experimental da indução eletromagnética.



Fonte: (WIKIPÉDIA, 2019).

Uma outra situação experimental, bastante utilizada para explicar a descoberta de Faraday é constituída por uma bobina ligada a um amperímetro e um ímã em barra. Nessa situação, ao aproximar o ímã da bobina Faraday observou que o amperímetro registrava a presença de uma corrente elétrica na bobina. Quando o ímã estava em repouso no interior da bobina não era observado a existência da corrente elétrica. E quando o ímã se afastava, novamente o amperímetro detectava a existência de uma corrente elétrica na bobina, porém, a corrente tinha sentido contrário da primeira situação (quando o ímã se aproximava da bobina).

Dessa forma, após a realização de todos os experimentos, Faraday concluiu que quando uma fonte de campo magnético (fluxo magnético Φ_B) variável atravessa um circuito fechado em um determinado intervalo de tempo, surge uma corrente elétrica induzida e uma força

eletromotriz induzida ε com mesmo sentido no circuito. Essa conclusão de Faraday, recebeu o nome de Lei de Faraday e é expressa matematicamente para um circuito com N espiras como sendo:

$$\varepsilon = \frac{N \cdot \Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

Contudo, a lei de Faraday não explicava o porquê da força eletromotriz induzida se opor a variação do fluxo magnético, ou seja, o sentido da corrente elétrica induzida. O responsável por explicar e complementar a lei de Faraday, foi o físico alemão Friedrich Lenz ao estabelecer que a corrente elétrica induzida gera no circuito um campo magnético induzido \vec{B}_{ind} que se opõe a variação do fluxo magnético Φ_B que a produziu. Assim, de acordo com Lenz a corrente elétrica induzida e a força eletromotriz induzida sempre terão sentido oposto à variação do fluxo magnético. A corrente induzida terá sentido oposto a famosa regra da mão direita. Matematicamente a Lei de Faraday-Lenz para um circuito com N espiras é expressa como:

$$\varepsilon = -\frac{N \cdot \Delta\Phi_B}{\Delta t}$$

Portanto, a lei de Faraday-Lenz é o princípio central do fenômeno da indução eletromagnética. Faraday relacionou a força eletromotriz induzida com o fluxo magnético e Lenz estabeleceu o sentido tanto da corrente induzida como da força eletromotriz induzida.

3 Circuitos elétricos

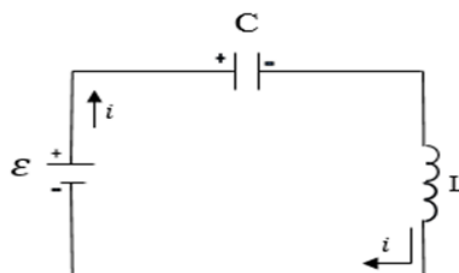
Antes de adentrar no conteúdo de ondas eletromagnéticas propriamente dito, é aconselhável trabalhar com a turma um pouco sobre os circuitos elétricos LC e RLC. Visto que este circuito será abordado no funcionamento do rádio galena e em algumas aplicações do cotidiano que envolvem as ondas eletromagnéticas, principalmente as ondas de rádio. Ao estudar esses dois circuitos, é extremamente importante frisar a função de cada dispositivo elétrico e aborda-lo de forma qualitativo ao explicar o funcionamento, sem precisar adentrar em cálculos avançados.

3.1 Circuito indutivo-capacitivo – LC

Este circuito compreende um capacitor (C) e um indutor (L) conectados a uma fonte de energia, como mostra a figura 2. Para que o circuito passe a funcionar uma corrente elétrica

fluirá por ele carregando o capacitor. Ao está totalmente carregado, as cargas acumuladas entre as placas do capacitor gera um campo elétrico \vec{E}_C com sentido contrário ao campo elétrico \vec{E} da fonte de tensão ε . O capacitor irá descarregar no indutor (L) criando um campo magnético \vec{B} variável.

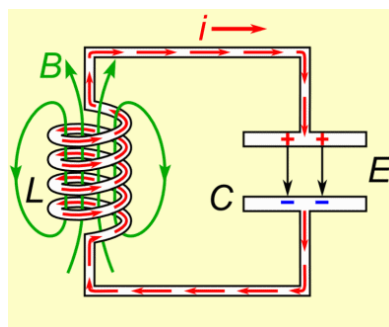
Figura 29 - Esquema simples do circuito LC.



Fonte: (Autoria própria, 2019).

De acordo com indução eletromagnética, esse campo \vec{B} variável que surge no indutor produz uma corrente elétrica induzida com sentido contrário à corrente elétrica inicial. Esta corrente induzida, passa novamente a carregar o capacitor invertendo a polaridade das placas e criando um novo campo elétrico também invertido. Isso faz o circuito oscilar até descarregar totalmente o capacitor (passa a perder energia) e todo o processo se repete. A figura 3 trata-se de uma possível animação que pode ser utilizada na explicação deste circuito.

Figura 30 – Animação do circuito LC.



Fonte: Wikimedia Commons²

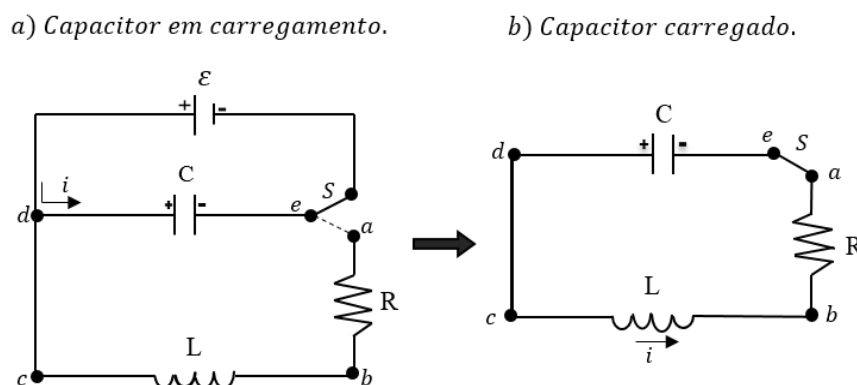
3.2 Circuito R-L-C

Analisando a figura 4.a, quando a chave S é fechada a fonte de tensão ε carrega o capacitor. Ao encontra-se totalmente carregado, a corrente elétrica proveniente da fonte ε cessa

² https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ATuned_circuit_animation_3.gif

temporariamente. Gradativamente o capacitor é descarregado no indutor e resistor quando a chave S o conecta a esses dispositivos (figura4.b).

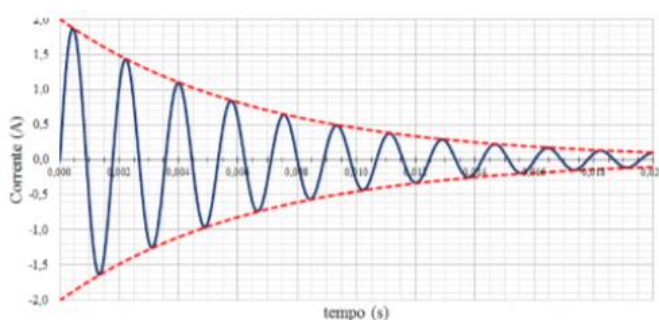
Figura 31 – Esquema do circuito RLC.



Fonte: Autoria própria (2019).

Dessa forma, um campo magnético \vec{B} variável é criado no indutor que, por sua vez, surge uma corrente elétrica induzida i_{ind} com sentido contrário à corrente elétrica inicial. O resistor fará com que parte da energia proveniente da descarga do capacitor no indutor seja dissipada, ou seja, a energia magnética armazenada no indutor será menor que a energia elétrica do capacitor. Este processo ocorre sucessivamente e o circuito apresenta oscilação subamortecida quando a resistência R for suficientemente pequena (figura 5).

Figura 32 - Gráfico do circuito RLC quando a corrente elétrica cai exponencialmente indicando um comportamento subamortecido.



Fonte: Autoria própria (2019).

Assim, por se tratar de um circuito oscilante a sua corrente elétrica decai exponencialmente com o tempo e a carga oscila entre $\pm Q$. A corrente será máxima quando a carga do capacitor for nula e será nula quando a carga for máxima, fazendo as oscilações diminuírem com o tempo.

4 Corrente de deslocamento e ondas eletromagnéticas

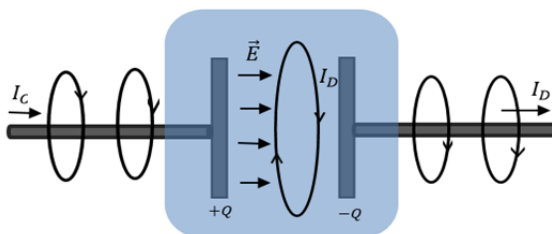
O conceito de corrente de deslocamento criado por James C. Maxwell envolve uma compreensão mais específica de cálculos avançados. Porém, nesta sequência didática tal conceito que somente é visto em ensino de nível superior será analisado qualitativamente para melhor compreensão do circuito LC ou RLC envolvido nas ondas de rádio que será detalhada posteriormente.

A figura 6 abaixo, mostra um capacitor de placas paralelas em processo de carga. Quando a corrente elétrica (corrente de condução I_C), passa pelo fio condutor carregando as placas do capacitor com carga Q , um campo elétrico \vec{E} é criado entre essas placas e sua intensidade aumenta conforme o aumento das cargas. Como não há a passagem de corrente I_C entre as placas do capacitor, o campo elétrico \vec{E} gera uma corrente elétrica de mesma intensidade chamada corrente de deslocamento I_D .

Esta corrente I_D só surge quando o capacitor está ligado a uma fonte de tensão variante no tempo. Caso seja constante, a corrente I_D só existirá em um certo instante de tempo. Logo, a corrente elétrica que entra na placa esquerda do capacitor não será a mesma que sai na placa direita, embora ambas tenham a mesma intensidade.

Na medida em que o capacitor carrega, surge entre suas placas, área sombreada da figura 6, um campo magnético \vec{B} que apresenta intensidade cada vez maior ao afastar-se do eixo do fio condutor.

Figura 33 - Capacitor em carregamento criando corrente de deslocamento.



Fonte: Autoria própria (2019).

É justamente a corrente de deslocamento I_D que origina o campo magnético \vec{B} . Portanto, um campo elétrico \vec{E} variante no tempo gera uma corrente I_D , que por sua vez, atua como fonte de campo \vec{B} da mesma forma que a corrente de condução I_C é a fonte do campo \vec{E} . A expressão matemática que resume tudo o que foi explicado é dada por:

$$\epsilon_0 \frac{\Delta\Phi_E}{\Delta t} = fem$$

Dessa forma, Maxwell a partir suas considerações a respeito dos fenômenos elétricos e magnético chegou à seguinte conclusão: campos \vec{B} ou \vec{E} variáveis no tempo geram, respectivamente, campos \vec{E} ou \vec{B} induzidos. Assim, ele propôs a existência da propagação das ondas eletromagnéticas no espaço. Maxwell organizou e sintetizou seus conhecimentos sobre eletricidade e magnetismo em quatro equações, conhecidas hoje como as equações de Maxwell. Essas equações mostram a interdependência dos campos \vec{E} e \vec{B} .

Com base nesse trabalho, ele anunciou a possibilidade desses campos oscilantes no tempo se propagarem perpendicularmente no espaço entre si transportando energia com a mesma velocidade da luz. E assim, propondo a ideia de que a luz é uma onda eletromagnética.

Como toda teoria elaborada no mundo científico, essa teoria eletromagnética de proposta por Maxwell só foi validada quando comprovada experimentalmente em 1888 pelo físico alemão Heinrich Hertz. Assim, após diversas realizações experimentais, foi comprovada a existência das ondas eletromagnéticas e que a luz é uma onda eletromagnética.

Portanto, as ondas eletromagnéticas são ondas transversais que se propagam no espaço perpendicularmente entre si, transportando energia, com velocidade de propagação aproximadamente igual a $3 \cdot 10^8$ m/s (velocidade da luz $v = c$), por meio de fontes oscilantes. Como não necessitam de um meio material para se propagar essa é uma das características que as difere das ondas mecânicas.

Por hoje sermos seres altamente dependente da tecnologia vivemos em um emaranhado de ondas eletromagnéticas (como a figura 7 abaixo ilustra). Visto que, estão presentes em quase tudo ou em tudo do nosso cotidiano por transmitirem e recepcionarem informações e dados pela atmosfera via satélite e cabos.

Figura 34 - Ilustração do emaranhado das ondas eletromagnéticas na natureza.



Fonte: Versão preliminar do Gref (1998).

5 MOMENTO EXPERIMENTAL I: RÁDIO GALENA

O rádio galena trata-se de um dispositivo rudimentar simples que não necessita de fontes de energia externa para o seu funcionamento, pois a energia utilizada é proveniente das ondas eletromagnéticas irradiadas pelas antenas emissoras e captadas pela antena do próprio rádio. Embora o rádio galena seja de fácil construção, a explicação a respeito do seu funcionamento é considerada complexa para muitos por possuir um circuito que capta ondas de rádio na modulação AM desde da faixa de frequência de 530 kHz até 1600 kHz. Este rádio foi muito utilizado no século XX nos períodos de guerra.

Este tipo de rádio é assim chamado pois na sua origem utilizava-se o mineral sulfeto de chumbo (PbS). Semicondutor popularmente conhecido como “Galena”, justamente por apresentar uma enorme eficiência na detecção das ondas de rádio, extraindo assim a informação sonora. O semicondutor galena permite que a corrente elétrica passe somente em um único sentido e comporta-se como um filtro que diminui a interferência das outras faixas de radiofrequências.

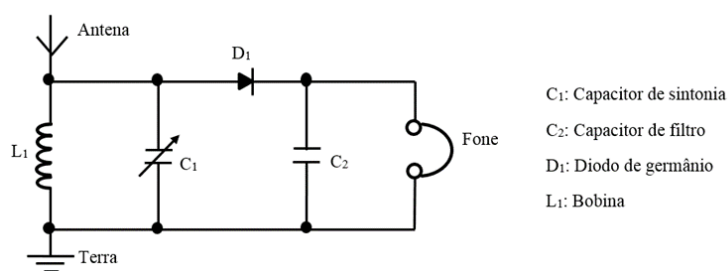
Hoje em dia, no lugar do cristal de galena é bastante utilizado o semicondutor diodo de germânio ou silício por apresentar maior sensibilidade e facilidade de operação. Assim, a ideia principal sobre o funcionamento do rádio galena é a compreensão de que a energia utilizada provém das ondas eletromagnéticas que nos rodeiam.

O circuito do rádio é conectado a uma antena externa (do tipo dipolo) que possua pelo menos 10 metros de comprimento de fio, onde as ondas de rádio são captadas induzindo a corrente elétrica que percorre o fio até chegar ao circuito de sintonia do rádio. Este circuito é formado por uma bobina/indutor e um capacitor permitindo selecionar as estações de rádio por meio de um capacitor variável ou por tomadas na bobina.

Logo após o sinal desejado ser selecionado, a informação passa pelo processo de detecção no diodo de germânio (este dispositivo tem como função transformar a corrente alternada em corrente contínua pulsante com queda de tensão de aproximadamente 0,3 V) ou o cristal de galena. Este processo tem a finalidade de separar os sinais de alta frequência dos de baixa frequência, levando-os para o segundo capacitor que atua como um filtro eliminando os sinais de alta frequência.

Assim, só continua no circuito o sinal de baixa frequência que é encaminhado ao fone de ouvido, onde ocorre a conversão do sinal para ondas sonoras. Vale lembrar, que o som reproduzido possui intensidade e qualidade dependente da eficiência da antena, da ligação terra entre a bobina e o primeiro capacitor e da potência e distância da estação. A figura 8 abaixo mostra o diagrama do circuito.

Figura35 - Diagrama básico do circuito do rádio galena.



Fonte: Autoria própria (2019).

Materiais necessários para construir o rádio galena são:

- Base de madeira de 22 cm x 17 cm;
- Tubo de PVC ou canudo de papelão de aproximadamente 13 cm de comprimento com 3,2 cm de diâmetro;
- Fio de cobre esmaltado de AWG nº 24 ou 27;
- Fio de cabo de rede de 0,5 mm de diâmetro (aproximadamente 25 m);
- Fio de cobre esmaltado de 1,5 mm de diâmetro para a áster (aproximadamente 15 cm);
- 2 capacitores cerâmicos de 220 pF e 104 pF, respectivamente;
- 1 diodo de germânico com queda de tensão da junção de 0,338 V;
- 1 Fone de ouvido Piezo para rádio galena de cristal;
- 1 Plug conector de áudio mono P2 tipo fêmea;
- Percevejos;
- Fita adesiva;
- Alicates;
- Um pedaço de lixa fina;
- Ferro de solda e estanho.

5.1 Montagem do rádio galena

Antes de montar o rádio galena propriamente dito, precisa-se confeccionar a bobina (L). Ela possui aproximadamente 470 espiras utilizando em que foi utilizado um tubo de PVC e fio de cobre esmaltado de AWG nº 24 ou 27. Antes de enrolar o fio de cobre no tubo, pequenos orifícios foram feitos a aproximadamente 0,5 cm em cada uma das extremidades.

Ao passar o fio por esses orifícios, deixou-se uma sobra equivalente a 20 cm para facilitar na confecção da bobina. Outra estratégia que ajudou a enrolar o fio de cobre esmaltado na bobina, foi passar fita adesiva nas extremidades do tubo PVC, evitando o fio se escorrega. Em seguida, com cuidado o fio de cobre foi enrolado no tubo o mais esticado e próximo possível, sem sobrepor uma volta na outra. E no final, a bobina foi finalizada ao passar o fio pelo orifício da extremidade fio, deixando novamente 20 cm de sobra. A figura 9 abaixo ilustra o momento da confecção da bobina.

Figura 36 - Momento da confecção da bobina.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Uma outra estratégia utilizada também na confecção da bobina, consiste em adesiva um pedaço de fita nas espiras já feitas para evitar que as mesmas fiquem soltas, além de facilitar o processo. As sobras de 20 cm do fio são utilizadas para conectar a bobina aos demais componentes do circuito. Na figura 10 abaixo tem-se a bobina já finalizada.

Figura 37 - Bobina pronta.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Ao finalizar a bobina/indutor lixou-se aproximadamente 5 cm de comprimento do fio que será conectado ao restante do circuito. E, aproximadamente 1 cm de largura em todo o comprimento da bobina (com cuidado para não romper o fio), removendo o esmalte do fio (figura 11). Essa área lixada servirá para fazer o contato elétrico, variando o número de voltas conectadas ao receptor.

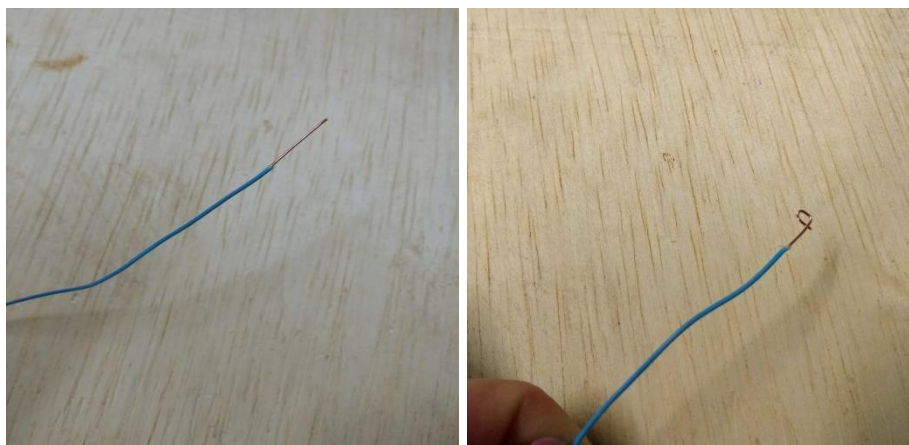
Figura 38 - Área lixada na bobina.



Fonte: Arquivo pessoal, 2019.

Logo após confeccionada a bobina, foi esquematizado a posição de cada componente elétrico na base de madeira. Para conectar os componentes do circuito, utilizou-se fios de cabo de rede, desencapando as extremidades do fio com o auxílio de um alicate fazendo um olhal nas extremidades tanto no fio de rede como dos dispositivos (figura 12) para encaixar os percevejos. Depois, com o ferro de solda e o estanho soldou-se todas as conexões feitas encaixadas nos percevejos.

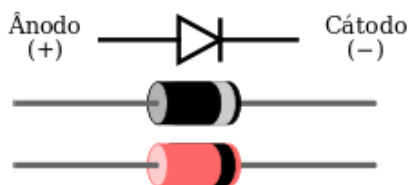
Figura 39 - Desencapando e fazendo o olhal no fio.



Fonte: arquivo pessoal, 2019.

Ao soldar as extremidades do diodo de germânio deve-se ter atenção especial para não inverter a sua polaridade. Isso ocasiona o não funcionamento do circuito, caso não esteja ligado corretamente. Cabe aqui uma observação importante a respeito da polaridade do diodo. Este dispositivo, possui uma barra que o circunda em um dos seus lados que deve estar alinhada com a barra vertical do esquema elétrico, como ilustrado na figura 13. Esse terminal corresponde ao anodo do diodo e, conseqüentemente, o outro terminal o catodo.

Figura 40 - Polaridade do diodo.



Fonte: wikipédia, 2018.

Ou seja, solde a extremidade catodo do diodo é soldada ao capacitor de 220 pF e a extremidade anodo ao segundo capacitor de 104 pF, como ilustrado na figura 14 abaixo.

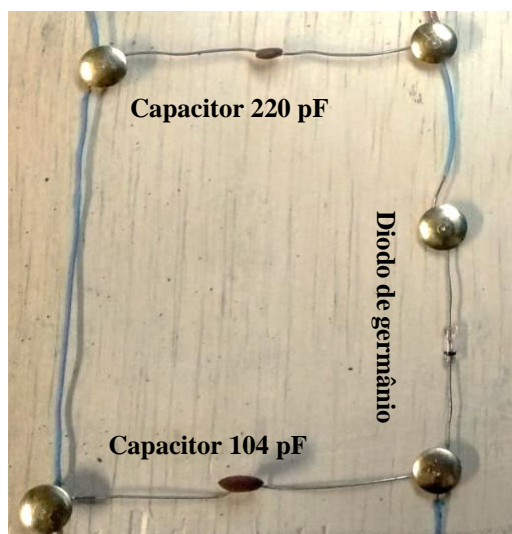
Figura 41 - Soldagem do diodo de germânio.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Após soldar as conexões do diodo aos capacitores, com fio de cabo de rede foi conectado os dois capacitores. E a estrutura dos três dispositivos elétricos ficou de acordo com a figura 15.

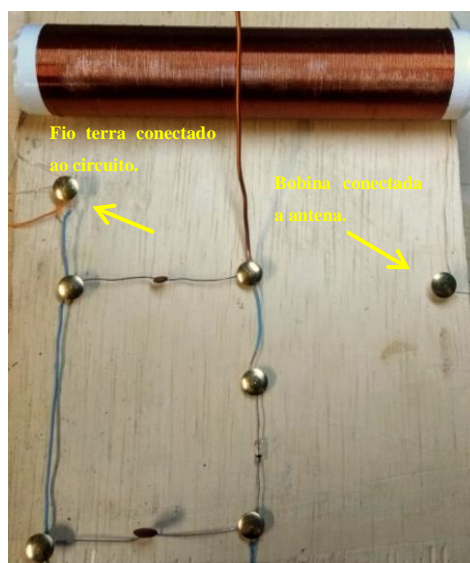
Figura 42 - Dispositivos elétricos já soldados.



Fonte: arquivo pessoal (2019).

Em seguida, foi realizada a conexão com o fio de cabo de rede do percevejo conectado ao capacitor de 220 pF ao percevejo que conecta o fio terra e uma das extremidades da bobina, como indicado pela seta na figura 16. A outra extremidade do fio da bobina também é soldada um percevejo. É nesse percevejo onde a antena é conectada.

Figura 43 – Circuito indicando os pontos do fio terra e da antena.



Fonte: arquivo pessoal (2019).

O cursor utilizado para selecionar a estação de rádio é feito com aproximadamente 15 cm de fio de cobre esmaltado de 1,5 mm. Como nos demais fios utilizados para fazer as conexões, as extremidades do cursor são lixadas (figura 17) e em uma delas é feito o olhar, sendo conectado ao diodo e o primeiro capacitor, sem solda. O cursor não pode ser soldado, pois é ele quem varia o número de voltas da bobina e, portanto, seleciona a frequência de recepção do sinal da emissora.

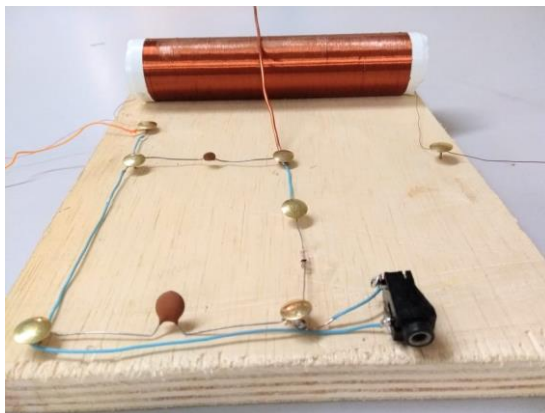
Figura 44 - Extremidade lixada do cursor.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Por fim, conecte um plug conector de áudio as duas junções do capacitor de 104 pF. A figura 18 mostra o rádio galena finalizado e pronto para o teste. Já na figura 19 tem-se o fone de cristal utilizado para escutar as rádios na faixa de frequência AM.

Figura 45 - Circuito do rádio galena já montado.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Figura 46 - Fone de cristal utilizado.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

O teste do rádio galena foi realizado em um ambiente aberto, utilizando como antena um fio de 15 metros de comprimento bem esticado, a uma altura de pelo menos 1,5 m, preso a objetos isolantes. A extremidade da antena conectada a bobina também deve ser lixada. A figura 20 mostra o momento em que o rádio galena foi testado pela primeira vez.

Figura 47 - Testando o rádio galena.



Fonte: arquivo pessoal, 2019.

5.2 Como funciona o rádio galena?

O funcionamento do rádio de galena é composto por quatro processos: a recepção, a sintonia, a detecção e a reprodução.

No processo de recepção a bobina/indutor ligada a antena capta as ondas de rádio difusão de várias frequências que ao atingir a antena faz com que as cargas elétricas oscilem produzindo corrente elétrica alternada.

No processo de sintonia, a bobina associada ao capacitor de capacitância de 220 pF é o próprio sintonizador. Assim, quando movemos o cursor ao longo da bobina variamos o número de espiras no circuito e, também, a frequência de ressonância ao permitir selecionar a frequência da estação de rádio emissora. Dessa forma, a corrente elétrica é alternada e apresenta frequência igual a estação selecionada.

Já no processo de detecção, a corrente do circuito de sintonização é convertida de alternada para contínua ao passar pelo diodo de germânio. Essa onda captada possui duas combinações, a onda portadora e a onda com a informação sonora. Para que o sinal captado seja melhor reproduzido, o capacitor de 104 pF separa a onda portadora da informação sonora. Assim, esse capacitor atua como um filtro ao enviar o sinal da onda portadora para a terra e permite a passagem do sinal de audiofrequência para o fone de cristal.

O processo de reprodução acontece no fone, onde o sinal elétrico de audiofrequência é transformado em onda sonora.

5.3 Execução do momento experimental I

Neste primeiro momento experimental, o rádio galena já será apresentado a turma pronto. Essa atividade consiste em demonstrar e explicar o funcionamento do rádio galena com base nos conhecimentos físicos estudados nas duas primeiras aulas desta sequência didática. Essa atividade irá também ressaltar e comprovar para a turma a existência das ondas eletromagnética em que estamos inseridos em um emaranhado dessas ondas. Antes de demonstrar o funcionamento do rádio deve-se levantar para a turma questionamentos como: Nessa aula que se trata de uma aula de experimento demonstrativo, é preferível que seja feito ao ar livre e indagações para os alunos como:

- Quais são os tipos de rádios conhecidos?
- Qual a alimentação elétrica utilizada neles?
- Um rádio pode funcionar sem está necessariamente ligado a uma fonte de energia, seja ela uma bateria ou a energia elétrica? Por que?

Após comprovar para a turma o funcionamento do rádio o terceiro questionamento deve ser refeito e levantado um quarto questionamento:

- De onde vem a energia que faz o rádio galena funcionar?

Em seguida, deve ser explicado cada um dos processos do funcionamento do rádio e ressaltar a função de cada dispositivo do circuito. Como também, deixar claro que para sintonizar uma estação é necessário que a frequência do seu circuito oscilante do rádio seja a mesma do circuito oscilante da estação emissora.

6 ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO E SUAS APLICAÇÕES

É sabido que com o passar dos anos desde a descoberta das ondas eletromagnéticas os estudos relacionados a elas avançaram e hoje existem algumas denominações que embora tenham a mesma natureza possuem características distintas. Por apresentarem frequências e comprimentos de ondas diferentes receberam denominações específicas que fazem parte de um conjunto chamado de espectro eletromagnético. A seguir, será detalhado esse conjunto de ondas eletromagnéticas e algumas de suas aplicações no cotidiano com o intuito de uma melhor compreensão a respeito deste conteúdo.

6.1 Raios gama (γ)

Os raios gama apresenta comprimento de onda inferior a 6 pm e frequência maior que 3×10^{19} Hz, por serem originadas da desintegração de núcleos atômicos dos elementos radioativos. Por isso, são as ondas eletromagnéticas de maior energia e maior capacidade de interação com a matéria. Justamente por possuir elevada energia ao se interagir com a matéria viva pode causar sérios danos as células.

Esse tipo de radiação é amplamente utilizado na medicina para destruir células cancerosas por meio da radioatividade ao introduzir em pacientes acometidos por essa doença radioisótopos artificiais que permite o monitoramento do corpo pelo radiologista, além de permitir a produção de imagens e esterilizar os equipamentos.

No entanto, a emissão dessa radiação no corpo humano deve ser bem controlada, pois pode ocasionar alterações genéticas no paciente e afetar futuramente os seus sucessores. Também é utilizada na esterilização de alimentos nas indústrias alimentícias, onde são controladamente submetidos a raios γ e outras radiações ionizantes para evitar que pequenos microrganismos patogênicos deteriorem os alimentos prologando a vida útil dos mesmos. Existe também outras aplicações em que os raios gama são utilizadas como em armas nucleares, que necessitam de cuidados extremos em seu manuseio.

6.2 Raios-X

As ondas eletromagnéticas chamadas de raios-X está na faixa espectral correspondente a comprimentos de onda entre 6 pm e 8,82 nm e sua faixa de frequência corresponde a 3×10^{17} a 3×10^{19} Hz. Foram descobertos no final do século XIX pelo físico alemão Wilhelm C. Röntgen ao realizar experimentos que verificou a propriedade de atravessar materiais de baixa densidade com facilidade e ser absorvido por materiais com elevada densidade. Nos dias atuais, os raios-X tem um campo vasto de aplicações em diagnósticos médicos, controle alfandegário, análise química de materiais, em vários campos da tecnologia, entre muitas outras áreas.

Na medicina é amplamente utilizado nas tomografias computadorizadas e radiografias, principalmente as ortopédicas. Para a visualização da estrutura óssea, os raios-X passam ao lado dos ossos fazendo com que a chapa fotográfica que fica do lado oposta a emissão desses raios

se sensibilize e fique escura. Porém, a radiação que atinge a estrutura óssea é absorvida e a chapa não é sensibilizada ficando clara e, produzindo uma sombra na chapa da estrutura óssea desejada. Um procedimento semelhante também é utilizado no controle alfandegário para investigar os conteúdos das malas nos aeroportos e para detectar trincas e fissuras em estruturas metálicas nas industriais.

6.3 Ultravioleta

A radiação ultravioleta corresponde a faixa de comprimento de onda entre 8,82 nm e 390 nm e frequência $7,5 \times 10^{14}$ Hz e 3×10^{17} Hz, possui frequências maiores que a última faixa do espectro de luz visível e tem como grande fonte o sol. Essa faixa do ultravioleta é subdividida em três subfaixas que são: a UV-A (faixa de menor energia), a UV-B e a UV-C (faixa de maior energia). A radiação UV-A é emitida pelo sol e produz na pele a melanina, pigmentação responsável pelo bronzeamento. Contudo, a exposição exagerada pode ocasionar o envelhecimento precoce da pele e alergias.

Já os raios UV-B, ao atingir a pele humana pode provocar vermelhidão dilatando os vasos sanguíneos do tecido epitelial do corpo humano causando queimaduras e câncer de pele ao se expor exageradamente a essa radiação, que apresenta intensidade maior no verão. No entanto, os raios UV-B também é muito importante ao organismo por produzir vitamina D.

Já a radiação UV-C, é dita como a mais nociva aos humanos, pois a maioria dela é absorvida pela camada de ozônio antes de chegar à superfície terrestre. Porém, devido ao aumento do buraco nessa camada, chega-se a superfície da terra quantidades exageradas de raios UV-C aumentando na população a incidência de doenças dermatológicas e câncer de pele. Contudo, a radiação UV-C é bastante utilizada também na esterilização de equipamentos médicos destruindo bactérias, na desinfecção de alimentos e ambientes por meio de lâmpadas germicidas instaladas nos locais desejados. E dentre muitas outras aplicações, a luz ultravioleta é utilizada na detecção de notas falsas pela luz negra que fica fluorescente quando submetida a essa luz.

6.4 Espectro de luz visível

Trata-se do espectro mais estreito das ondas eletromagnéticas, compreendendo a faixa de frequência entre $4,3 \times 10^{14}$ Hz e $7,5 \times 10^{14}$ Hz. Por corresponder a faixa de energia capaz de estimular o olho humano com a informação visual é considerada a mais importante para os

humanos, sendo muitas vezes chamada de radiação luminosa. Por ser a mais estreita, essa faixa se estende do violeta ao vermelho possuindo comprimentos de onda que variam de 390 nm a 789 nm, onde está dividido em sete cores perceptíveis (as cores do arco-íris). Ou seja, em uma parte específica do olho humano, a retina, possui uma sensibilidade à radiação eletromagnética com comprimentos de onda por volta de 10^{-6} m e o maior comprimento de onda que nosso olho consegue enxergar é justamente o comprimento correspondente a cor vermelha.

6.5 Infravermelho

Radiação eletromagnética que fica abaixo do espectro visível com comprimento de onda entre 1 mm e 789 nm e frequência que varia desde 3×10^{12} Hz a $4,3 \times 10^{14}$ Hz. A sua intensidade depende da temperatura gerada da agitação térmica das moléculas do corpo emissor, onde em alguns casos são chamadas de ondas de calor. Assim, todos os corpos são fontes emissoras da radiação infravermelha. Por isso, existe várias aplicações tecnológicas que envolve essa faixa do espectro como a termográfica, binóculos de visão noturna, fotografias térmicas, dispositivos termossensíveis, aquecedores elétricos, entre outros.

Porém, o uso mais simples e cotidiano dessa radiação está nos controles remotos dos equipamentos eletroeletrônicos. Tem a função de enviar pulsos dos raios infravermelhos em linguagem binária ao sensor que se encontra localizado no aparelho eletroeletrônico, ao qual por sua vez, decodifica o sinal enviado pelo controle remoto executando a função solicitada. Outros exemplos que emitem essa radiação que são simples no cotidiano é o ferro de passar roupa, o aquecedor e leitores de códigos de barra.

6.6 Micro-ondas

Essas ondas eletromagnéticas possuem frequência maior que as ondas de rádio com comprimento de onda entre 1 m e 1 mm, ou em termos de frequência varia de 3×10^9 Hz a 3×10^{11} Hz. Com isso tem velocidade maior nas oscilações, significando que as informações transmitidas por esse tipo de onda chegam mais rápido e em maior quantidade as antenas receptoras.

No entanto, as ondas de micro-ondas não são refletidas na atmosfera terrestre e sua transmissão é difundida por meio de antenas receptoras e transmissoras que necessitam estarem próximas entre si para que a informação alcance grandes distâncias. Por esse espectro apresentar faixa de frequência maior que o espectro das ondas de rádio, possui a característica de se

concentrar mais em uma única direção. De modo que o seu sistema de transmissão necessita que as antenas transmissoras e receptoras estejam alinhadas.

Assim, as micro-ondas tem bastante aplicabilidade na transmissão de informações via satélite com o transporte de sinais de TV, transições telefônicas, em radares, na área médica e em fornos de micro-ondas. Vale salientar que ao contrário dos raios X e raios gama, as micro-ondas não são prejudiciais aos tecidos orgânicos, pois possuem efeitos fisiológicos térmicos. Entretanto, é recomendado por órgãos da saúde não se submeter a exposição prolongada a emissões com intensidade maior que 5 mW/cm^2 .

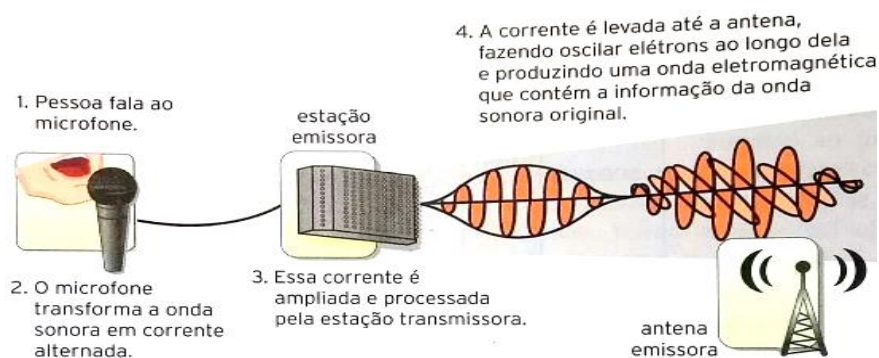
Uma das aplicações mais utilizadas atualmente é a transmissão de informações através das redes sem fio, o Wi-Fi (Wireless Fidelity). Sendo possível o acesso a internet sem necessitar de uma rede com fios conectores. Nos transmissores Wi-fi, as ondas de micro-ondas são transmitidas por um adaptador (chamado também de roteador) que recebe os sinais da estação transmissora, onde passa pelo processo de codificação. E logo após, é emitido a partir de uma antena permitindo que o aparelho celular, por exemplo, conecte-se à internet. O governo disponibiliza a faixa de frequência de 2,4 GHz e a de 5 GHz para que a troca de informações aconteça e, dessa forma, quanto mais alta for a frequência, maior será a capacidade do sinal em carregar as informações.

6.7 Ondas de rádio

No espectro eletromagnético, as ondas de rádio são as que apresentam o maior comprimento de ondas a partir de 0,3 m e frequência menor que $3 \times 10^9 \text{ Hz}$. Esse tipo de radiação eletromagnética é também conhecido com ondas hertzianas, podem ser geradas por rádio e TV, rádios amadores, pela telefonia móvel, radares, comunicação via satélite, dentre outros.

O processo de produção e emissão de ondas de rádio por uma emissora pode ser resumido conforme mostra a figura 21 abaixo.

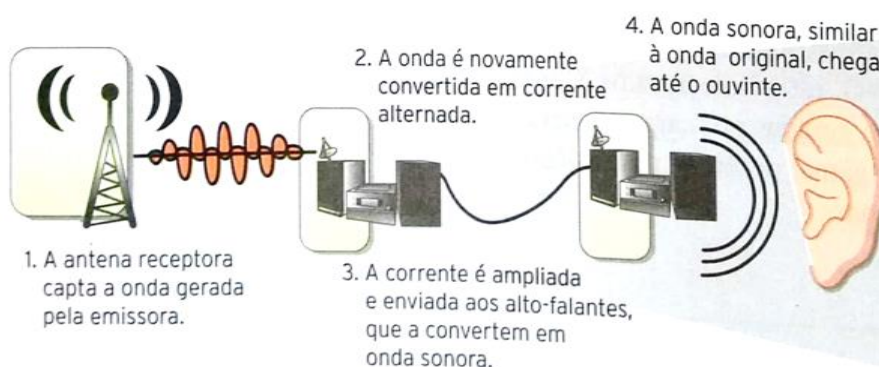
Figura 48 – Processo de produção e emissão por uma estação emissora.



Fonte: Angelo Stefanovits (2013).

Neste processo a onda eletromagnética gerada tem a mesma f da oscilação dos elétrons e se propagam com c . Já o processo de recepção (como ilustrado na figura 22), a variação do campo \vec{B} da onda eletromagnética estabelece uma força eletromotriz induzida na antena receptora na qual os elétrons oscilam com a mesma frequência da onda incidente.

Figura 49 – Processo de recepção pela estação receptora.



Fonte: Angelo Stefanovits (2013).

Com o avanço das tecnologias a utilização do rádio ainda é muito presente no cotidiano das pessoas. Seja ele escutado de forma tradicional através do aparelho ou por meio da internet ainda continua firme a sua utilização no carro, nos meios de transporte público, na cozinha e em tantas outras ocasiões. Estando presente em todos os lugares devido a sua comunicação fácil.

Dessa forma, muitas pessoas já tiveram curiosidade sobre o seu funcionamento e abordá-lo em sala de aula como uma forma de contextualizar uma parte do estudo das ondas eletromagnéticas é uma opção para o docente da disciplina de física. Assim como o rádio, a TV também ainda é muito presente na vida do cidadão mostrando o mundo ao vivo e em cores e

exercendo a sua influência no dia a dia, sendo utilizada como meio de informação e entretenimento.

Por ter tanta aplicabilidade nos meios comunicativos ao transportar informações através de aparelhos que se é utilizado no dia a dia fazendo uso das ondas de rádio. Essa faixa das ondas eletromagnéticas como também as outras estão presentes no nosso cotidiano. E estudá-la é de grande importância por possuir enorme valor significativo agregado as suas aplicações e ter amplo uso nas telecomunicações. Daqui em diante o espectro das ondas de rádio será melhor detalhado.

7 MODULAÇÃO

Para que a informação chegue a antena dos aparelhos receptores é necessário codificar a informação. Para isso, a informação quando transformada em corrente elétrica possui baixa frequência não sendo apropriada para a aplicação nas antenas de transmissão. Ao passar pelo circuito oscilante, a antena transmissora gera uma corrente alternada de frequência elevada necessitando de um portador para se propagarem a longas e médias distâncias, a chamada onda portadora (ondas eletromagnéticas de alta frequência). Dessa forma, antes da informação ser enviada a antena precisa passar por esse processo chamado de modulação.

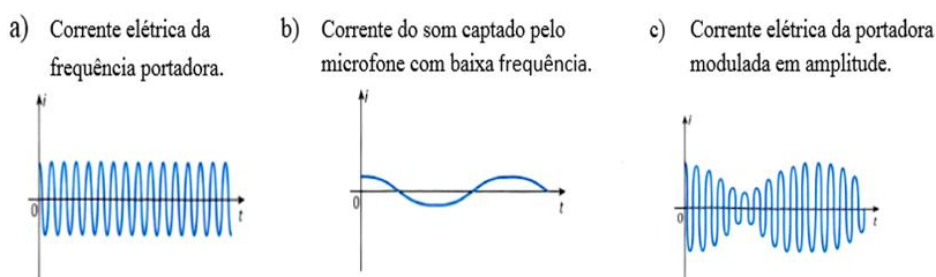
Processo esse que produz alteração na amplitude ou na frequência da onda portadora de forma a ser reproduzida da mesma maneira da corrente elétrica do som transformado. Existem diversos tipos de modulação, porém, os mais comuns são as modulações AM e FM.

Modulação em amplitude (AM) – Os rádios AM utilizam no espectro frequências que variam desde 530 kHz a 1600 kHz. Nessas ondas o que sofre variação é a amplitude da onda portadora, pois de acordo com que a frequência do som emitido oscila, a onda vai sendo modulada. Assim, essa onda sonora eletromagnética sofre modulação na sua amplitude. De modo resumido, nas estações de rádio AM o microfone gera uma corrente elétrica que logo depois de ser amplificada modula no capacitor a corrente do amplificador da radiofrequência, onde está presente dois tipos de corrente elétrica com mesma amplitude, a portadora com alta frequência e a modulada de baixa frequência.

Assim, a corrente portadora tem a função de carregar o capacitor, ora mudando a carga das placas, fazendo com que a corrente alternada criada no circuito oscilante possua a mesma amplitude e frequência que chega a uma das placas seja a que sai da outra. Já, a corrente

modulada neste circuito tem a função de variar a intensidade do campo elétrico nas placas do capacitor. Logo, a corrente portadora sofre modulação na amplitude ao sair do capacitor, sendo proporcional a amplitude da corrente moduladora gerando, assim, uma onda eletromagnética de rádio irradiada pela antena transmissora. A figura 23 abaixo mostra graficamente como ocorre esse processo.

Figura 50 - Esquema gráfico da amplitude modulada.



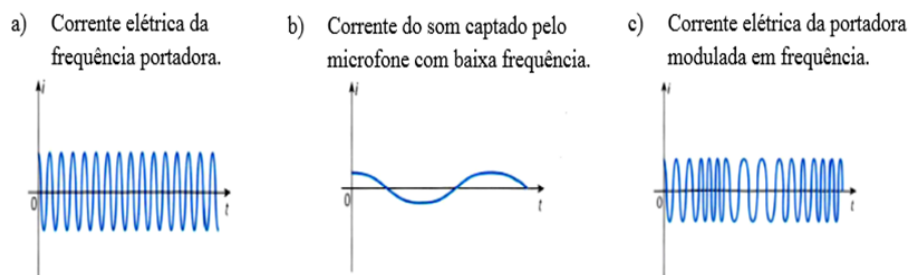
Fonte: Ramalho (2009).

Uma das vantagens da utilização do sinal AM é justamente por possuir em sua onda grande amplitude e baixa frequência alcançando um elevado sinal de propagação.

Também existe um caso especial da modulação AM em que somente uma parte do sinal modulado é utilizado chamado de Faixa Lateral Singela (SSB), sigla oriunda do inglês “Single Side Band”. Como a onda AM viaja no espaço com sinal duplicado, a SSB utiliza somente uma das bandas laterais, a LSB (faixa lateral inferior) ou a USB (faixa lateral superior). Toda a energia utilizada no transmissor na banda lateral desejada é otimizada, permitindo com que o alcance desse sinal seja maior e consuma menos energia que a faixa AM.

Modulação em frequência (FM) – As ondas do rádio FM possuem frequências que variam de 88 MHz a 108 MHz. Neste caso, a frequência é que sofre a variação, pois as informações contidas nas ondas sonoras são moduladas de acordo com as variações da frequência da onda portadora mantendo a amplitude dessa onda constante, devido as compressões e rarefações da onda sonora, como é ilustrado na figura 24 abaixo. Assim, as ondas de sinais FM não sofrem tanta interferência a ruídos quanto as ondas AM, já que a absorção dos ruídos afeta diretamente a amplitude da onda portadora em vez da frequência, sendo assim, ideal para a comunicação. No entanto, os sinais FM são mais difíceis de serem produzidos e possuem curto alcance, sendo este último uma desvantagem para essa modulação.

Figura 51 - Esquema gráfico da frequência modulada



Fonte: Ramalho (2009).

Portanto, nesse tipo de modulação o capacitor acopla a corrente modulada de frequência baixa fazendo com que a alteração do campo elétrico presente no capacitor cause alteração na frequência da onda portadora. De modo, que a antena receptora capta o sinal reproduzindo corrente com alta frequência a corrente induzidas chega na antena com valor baixo, devido à perda de energia das ondas de rádio irradiadas pelas antenas transmissoras no espaço. Assim, ao ser sintonizada a estação desejada nos rádios FM, o aparelho receptor amplifica o sinal da corrente modulada correspondente a frequência sintonizada recebida pela antena receptora.

Devido à corrente de frequência alta ficar oscilando seu sentido, ora positivo ora negativo, passa-se por um detector transformando essa corrente alternada modulada em contínua e pulsante. Somente a parte positiva da oscilação (corrente de frequência baixa) será amplificada, isso permite que a força proveniente da bobina do alto falante tenha sentido único, variando sua intensidade de acordo com a onda sonora emitida.

Como foi dito anteriormente as modulações AM e FM são as mais comuns no nosso cotidiano, porém, existe outra modulação mais simples que foi bastante utilizada, a modulação CW.

Modulação em código Morse (CW) – Desenvolvida por Samuel Finley Breese Morse em 1835. O código Morse é um código binário que foi muito utilizado nos séculos 19 e 20 na transmissão de mensagens através de pontos e traços utilizando pulsos (ou tons) curtos e longos. Esse sistema é representado por letras, números e sinais de pontuação (conforme exposto na tabela 2 abaixo) que ao realizar a combinação correta desses símbolos é possível formar palavras e frases.

Tabela 6 - Alguns sinais utilizados na transmissão do Código Morse.

A	·-	G	--·	M	--	S	...	Y	·--	5	.....
B	···	H	····	N	·-	T	-	Z	--··	6	····
C	·-·	I	··	O	---	U	··-	1	·----	7	····
D	··	J	·----	P	·-·	V	··-	2	··----	8	····
E	·	K	·-	Q	--·	W	·--	3	··--	9	····
F	···	L	·-·	R	·-	X	·-·	4	····	0	-----

Fonte: A autoria própria (2019).

As mensagens transmitidas por esse tipo de modulação ocorrem somente por meio de pulsos e possui mais energia que as demais modulações. O telegrafo e o radiotelegrafo são uns dos aparelhos que captam essa modulação. O código Morse utiliza a modulação CW, trata-se de uma onda eletromagnética com amplitude e frequência contínua, sendo a mais simples das modulações por transmitir mensagens com mais energia que os demais tipos de modulação.

Porém, este código também pode ser transmitido por sinais luminosos e sinais de braços e bandeirola. Para transmitir esses sinais é necessário um manipulador, aparelho formado por uma chave interruptora que produz um som contínuo com frequência de aproximadamente 1 kHz quando acionada. Na figura 25 abaixo, temos um exemplo desse manipulador dos mais simples aos mais sofisticados existentes no mercado.

Figura 52 - Modelo de manipulador do código Morse.



Fonte: Arquivo pessoal, 2019.

8 Momento experimental II: Manipulação em código Morse

Para este momento, está previsto para ser uma aula dinâmica em que pode ser mostrado a turma um manipulador do código Morse, como meio de demonstrar as letras do alfabeto para a turma. Exemplificando e tornar mais real o que foi visto na aula expositiva dialogada sobre a modulação CW. Conscientizando-os da existência dessa modulação.

Porém, uma segunda alternativa mais viável e possível de realizar este momento experimental, que será utilizada neste produto educacional, consiste em lanternas e tabelas com os códigos Morse. Como o código Morse é um sistema de reprodução de letras, números e sinais de pontuação codificado e enviado de modo intermitente através de pulsos ou tons longos e curtos. A utilização de lanternas e tabelas irá consolidar o conhecimento de forma dinâmica e extrovertida em que gerar uma interação maior da turma.

Para isso, a turma será separada em duplas e a cada uma delas terá uma ou duas lanternas e a tabela de reprodução do código Morse. Solicitando de início que cada dupla reproduza o seu nome e, depois, palavras como amor, física, paz. Deixando a turma se divertir com este momento.

9 SUB-FAIXAS DAS ONDAS DE RÁDIO

As ondas de rádio como foi dito anteriormente estão frequentes no cotidiano em transmissões de rádio, TV e internet. Assim, as faixas de frequência são divididas em baixas e altas frequências. A tabela 3 a seguir, amostra as subdivisões de radiofrequência regulamentada e administrada pela Anatel (Agência Nacional de Telecomunicações).

Tabela 7 - Espectro de radiofrequência.

Frequência	Comprimento de onda	Denominação técnica
3 – 30 Hz	$10^5 - 10^4$ km	ELF (Extremely low frequency)
30 – 300 Hz	$10^4 - 10^3$ km	SLF (Super low frequency)
300 – 3000 Hz	$10^3 - 100$ km	ULF (Ultra low frequency)
3 – 30 kHz	100– 10 km	VLF (Very low frequency)
30 - 300 kHz	10 – 1 km	LF (Low frequency)

300 kHz – 3 MHz	1 km – 100 m	MF (Medium frequency)
3 – 30 MHz	100 – 10 m	HF (High frequency)
30 – 300 MHz	10 – 1 m	VHF (Very high frequency)
300 MHz – 3 GHz	1 – 0,1 m	UHF (Ultra high frequency)
3 – 30 GHz	0,1 m – 0,01 m	SHF (Super high frequency)
30 – 300 GHz	0,01 m – 1 mm	EHF (Extremely high frequency)

A seguir está detalhado somente algumas dessas faixas de radiofrequência e suas principais aplicações.

MF (1 km – 100 m) – Frequência médias. Nesta faixa se encontra boa parte das ainda ativas emissoras de rádio AM que corresponde de 300 kHz a 3 MHz. É utilizada também para auxiliar na navegação aérea, serviços marítimos e rádio difusão local.

HF (100 m – 10 m) – Alta frequência. Neste espectro estão incluídas diversas faixas para uso exclusivo de radioamadores, sendo as mais populares as faixas de 80 m, 40 m, 20 m e 10 m. Na faixa de 11 m, existe uma pequena faixa de frequência que é destinada ao serviço de rádio Cidadão. Essa faixa de frequência HF, também chamada de ondas curtas, tem papel importante nas transmissões de radiodifusão para fins utilitários na área da comunicação com aviões, navios, militares, civis e comerciais. Possui grande alcance geográfico através de saltos por deflexão nas camadas ionosféricas e a sua cobertura na superfície terrestre é dada por uma única antena.

VHF (10 m – 1 m) – Frequências muito altas. É nessa faixa de frequência que estão as estações de rádio FM (87,5 MHz a 107,9 MHz) e, também, onde encontrava-se os antigos canais da televisão analógica (do canal 2 ao 13). Essa faixa também é destinada a popular faixa de radioamador de 2 m (144 MHz a 149 MHz), a comunicação entre aeronaves, embarcações e veículos de apoio e suporte urbano, como trens, táxi, policiais e bombeiros. A radiofrequência VHF possui alcance geográfico curto por não ser refletida na ionosfera, sendo ideal para transmissões locais não interferindo nas transmissões de longa distância. Razão essa que em cada estado ou cidade possui seu canal local seja na TV ou no rádio. Assim, essa faixa é adequada para zonas distantes e rurais. Cada serviço de comunicação que opera em VHF, trabalha em uma faixa reservada, por esse motivo não há interferência entre o rádio e a TV.

UHF (1 m – 0,1 m) – Frequência ultra alta. É neste espectro de radiofrequência que estão localizados os canais de TV analógica acima do canal 13 e a TV digital (em torno de 700 MHz). Além da popular faixa do radioamador em UHF (0,70 m), aqui está localizado também boa parte da frequência e uso de celulares e a comunicação via satélite. Essa faixa é recomendada para áreas urbanas, justamente por possuir capacidade de reflexão e penetração em obstáculos sólidos (como prédios, pontes, etc.). Garantindo sinal de qualidade e menos chances de interferência pelos diversos equipamentos de radiofrequência.

9.1 Antenas

As antenas têm unicamente a função de irradiar e captar energia do espaço referente as informações portadoras das ondas eletromagnéticas para os equipamentos eletroeletrônicos que necessitam da sua utilização. Quando conectadas a um equipamento transmissor, elas irradiam sinais elétricos convertidos em ondas eletromagnéticas que ao chegar em um equipamento receptor convertem-se novamente em sinais elétricos que são devidamente amplificados e codificados, chegando até nós como imagem ou som.

A frequência está diretamente associada ao comprimento de onda, ou seja, quanto maior a frequência menor será o comprimento de onda. Assim, para que a antena seja eficaz é ideal que tenha seu comprimento físico metade ou um quarto do comprimento de onda transmitido ou recebido para cada lado da antena. Logo, para cada caso particular de seu uso deve-se ter uma escolha cuidadosa, pois pode-se acertar no aumento de ganho de determinada função e perder em outra.

Nos meios de radiodifusão, o comprimento de onda de uma certa frequência pode ser conhecido ao dividir a velocidade de propagação da onda eletromagnética (em m/s) pela frequência (em Hz). Esse valor também irá depender do material do cabo utilizado, por a onda deixa de se propagar no vácuo e passar a propagar-se no cobre do cabo coaxial reduz sua velocidade de propagação.

Duas características básicas de uma antena são: o ganho, que é justamente a capacidade de captar os sinais transmitidos por uma estação ou transmitir a energia para o espaço; e a diretividade, capacidade de captar a informação em determinada direção. Quanto à diretividade de uma antena são classificadas como omnidirecionais (ou isotrópicas) e direcionais.

As antenas omnidirecionais são aquelas que transmite e captam sinais em todas as direções, sendo a melhor opção para lugares que possuem muitas barreiras que impeça o alcance do sinal desejado. Em contrapartida, a força do sinal será mais fraca devido a potência ser distribuída em todas as direções. Já as antenas direcionais, o sinal é direcionado para uma única direção, onde o sinal será mais forte devido a concentração da potência naquela área. Mas, apresentará uma menor área de cobertura.

No dia a dia as antenas mais comuns de serem vistas, além das utilizadas para transmitir informação, são as antenas do tipo dipolo. Alguns modelos cotidianos que captam sinais dos sistemas de transmissão são: yagi-uda, a log-periódica, a parabólica e as de internet.

- Dipolo de meia onda: antena mais simples em que é composta por somente dois pedaços de fios ou tubos de alumínio com $\frac{1}{4}$ de comprimento de onda para cada lado, sendo alimentada pelo centro. A utilização dessa antena é mais comum na radiofrequência HF.
- Yagi-uda: tipo de antena direcional comumente utilizada nas radiofrequências UHF e VHF. É constituída por um dipolo ou elemento irradiador conectado a linha de transmissão, por um refletor que é o elemento mais comprido e por elementos diretores, como ilustrado na figura 26 abaixo.

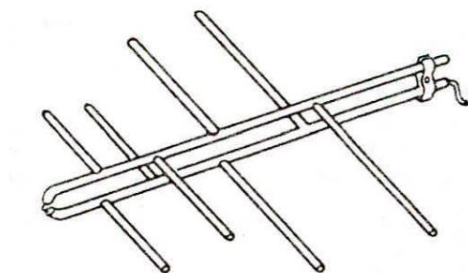
Figura 26 - Modelo de antena Yagi-Uda.



Fonte: Wikipédia (2019).

- Log Periódica: Antena de faixa larga utilizada nas faixas de frequência VHF e UHF, indicada para a TV digital que opera em várias faixas de canais. É mais um modelo de antenas direcionais com múltiplos elementos do tipo dipolo e um elemento estrutural com duas partes paralelas. A figura 27 abaixo ilustra esse tipo de antena.

Figura 27 - Antena Log periódica.



Fonte: Ornetta (2005).

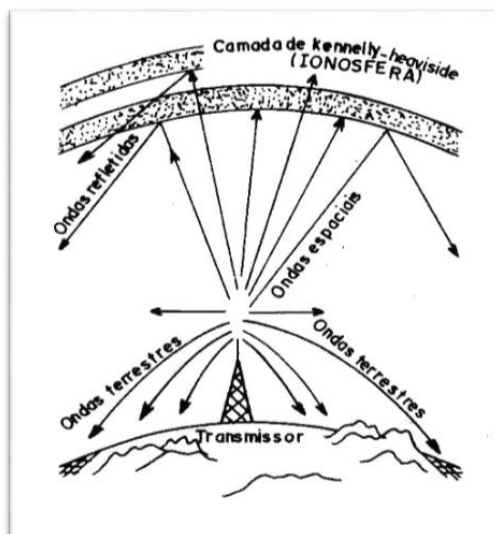
9.2 Propagação das ondas de rádio

Já é de conhecimento que as ondas de rádio ao serem transmitidas pelas antenas se propagam no meio com a mesma velocidade da luz (300.000 km/s), sendo esse meio a atmosfera terrestre composta por três camadas: a troposfera, estratosfera e ionosfera. Dessa forma, os meios comunicativos classificam a propagação dessas ondas em ondas terrestres e ondas espaciais. As terrestres são as ondas de curto alcance refletidas na troposfera, enquanto, as ondas espaciais são justamente as ondas refletidas na camada ionosférica que alcançam maiores distâncias.

Como a camada ionosférica é a que influencia a propagação das ondas de radiofrequência é importante conhecer um pouco sobre ela. A ionosfera é subdividida em várias camadas compostas de íons e elétrons, onde as subcamadas mais externas apresentam grau de ionização maior. É a camada mais importante para os meios transmissores de informação por servir como espelho ao refletir os sinais das ondas de rádio que a atinge de volta para a terra.

É a concentração de elétrons e íons que determinar a propriedade refletora dessa camada. Logo, quanto maior for a ionização maior será o poder da camada ionosférica em refletir altas frequências para a superfície terrestre. Quanto menor for a ionização nessa camada, as ondas refletidas limitam-se somente as ondas com baixa frequência. Durante a baixa de ionização da camada ionosférica as faixas de altas frequências a atravessam não sendo refletidas. A figura 28 ilustra a propagação das ondas de radiofrequência na atmosfera.

Figura 538 - Propagação de ondas de radiofrequência na atmosfera terrestre.



Fonte: Direção livre (2019).

Portanto, o poder de reflexão na ionosfera está relacionado ao grau de ionização das suas sub-camadas. Que depende muito da atividade solar (principalmente dos períodos em que as manchas e explosões solares são mais acentuadas) e da quantidade de radiação ultravioleta emitida. Assim, no período da noite a transmissão de rádio alcança regiões mais distantes pelo fato da camada ionosférica ser mais fina neste período. Isso ocorre devido ao desaparecimento das subcamadas próximas a superfície terrestre o que aumenta a concentração de íons e elétrons nas subcamadas mais externas (subcamada responsável pela reflexão das ondas curtas de rádio).

Porém, existe regiões chamadas de zona de silêncio, em que tanto as ondas terrestres como as espaciais não atingem. Ou seja, não são captadas ondas de rádio nessa região, como também, não é possível nenhum tipo de transmissão de radiofrequência. O que explica fato de certos lugares não ser possível ouvi emissoras de rádio, há não ser a programação local.

10 Um pouco sobre o radioamadorismo e o radiocidadão

O radioamadorismo trata-se de um serviço de telecomunicação de interesse exclusivo de um grupo de pessoas amadoras que necessitam de uma licença para operarem sem interesse comercial e monetário. Para se dizer radioamador é necessário que a pessoa tenha conhecimentos de eletrônica, construção de antenas, entre outros conhecimentos específicos os quais utilizam equipamentos com potências altas para se comunicar. Além de, submeter-se a um exame técnico para adquirir a licença junto à Anatel (Agência Nacional de

Telecomunicações), e desse modo, poder explorar todas as possibilidades disponíveis para esta classe nas faixas de radiofrequência. Para os meios governamentais, as faixas de frequência do radioamadorismo estão divididas em classes A, B e C, necessitando de conhecimentos específicos mais avançados nas classes A e B.

Dentre as faixas de radiofrequência destinadas pela Anatel para a prática de radioamadorismo encontra-se a conhecida faixa do cidadão ou faixa dos 11 metros. Ela, é muito utilizada para comunicações rápidas e de curtas distâncias entre estações fixas e/ou móveis de uso compartilhado por pessoas “naturais”, compreendendo o espectro de frequências entre 26,960 MHz e 27,860 MHz.

A diferença entre o radioamador e o operador do rádio cidadão (também chamado de PX no Brasil) é que a faixa do cidadão para ser utilizada, não necessita de um exame técnico para adquirir a licença, somente de uma prévia autorização da Anatel. Onde se pode tratar de diversos temas livremente.

No entanto, o radioamador por utilizar diversas faixas de frequência e equipamentos mais potentes devem prestar a um exame técnico para adquirir a sua licença junto ao órgão governamental.

Essa faixa de frequência é regulamentada pela Anatel, através da resolução Nº 444 de 28 de setembro de 2006 está dividida em 60 canais com separação de 10 kHz entre os portadores de canais adjacentes, com largura de banda total de 8 kHz por canal. De acordo com a lei, a potência máxima para a modulação AM é de 7 watts e para a banda lateral singela (SSB) com portadora suprimida de 21 watts.

A faixa dos 11 metros, trata-se das ondas de rádio curtas situada na zona mais alta das frequências altas (HF). Assim, essa faixa além de ser muito utilizada pelos caminhoneiros em rodovias, por pessoas que estão em locais isolados e distantes, bate papo entre usuários dessa faixa, também tem como objetivo atender a situações de emergências que tragam perigo para a vida e transmitir sinais de telecomando para dispositivos elétricos.

11 Momento experimental III: Transmissão na faixa do cidadão

Este terceiro e último momento experimental, será ministrado pelo professor e radioamador Jacques Cousteau Borges em montará e operará o sistema rádio-antena seguida da transmissão e comunicação na faixa dos 11 metros utilizando o rádio aquário RP-80 (figura 29).

Figura 549 - Rádio Aquário RP-80.



Fonte: Aquário, 2017.

Como também, se possível escutar alguma comunicação nessa faixa de frequência. Esta aula servirá para lembrar e fortalecer os estudos anteriores sobre a propagação das ondas de rádio, as antenas e as modulações. Reforçando aos alunos o por que as ondas de rádio no período da noite alcançam regiões mais distantes e tem um melhor sinal.

Além de esclarecer que o rádio PX trata-se de um equipamento usado para fazer comunicação a longas distâncias, sendo muito utilizado por caminhoneiros e trilheiros existindo dois tipos os que operam na modalidade AM e os da SSB. Os rádios PX AM oferecem em torno de 40 canais, enquanto os que opera na modulação SSB oferecem mais canais. Além de vivenciarem na prática uma transmissão ou comunicação de radioamadorismo.

12 Avaliação

Como meio avaliativo desta sequência didática será composta por três atividades. Uma lista de exercício com 10 questões em que o nível dependerá do desenvolvimento da turma no decorrer da aplicação da unidade didática, mas estará no apêndice da dissertação a que este produto pertence. Um relatório informal, onde os discentes irão relatar sobre essas semanas de aplicação deste produto, como também, o que foi aprendido por ele. Deixando-os livres para se expor. E por último, um teste avaliativo para saber se a proposta alcançou resultados positivos no processo de ensino-aprendizagem.

Referências

- ANDREOLLA, Clementina Verginia. **Identificando os tipos de antena**. Portal do professor, 2013. Disponível em: <http://portaldoprofessor.mec.gov.br/fichaTecnicaAula.html?aula=48927>. Acesso 15/05/2019.
- STEFANOVITS, Angelo. **Ser protagonista**, Física 3. 2ª. Edição. São Paulo: Editora SM, LTDA, 2013. Volume III, p. 180.
- BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular**. Ensino Médio. Brasília: MEC/Secretaria de Educação Básica, 2018.
- BRUSCATO, Gentil César. **O ensino de física através das atividades práticas realizadas na instalação, operação e manutenção de uma estação radioamadora**. 177. Dissertação de mestrado - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.
- CARVALHO, Regina P. **Microondas**. 1ª ed. São Paulo: Editora Livraria da física, 2005.
- DORIA, Mauro M. MARINHO, Franciole da Cunha. **Ondas e bits**. 1ª ed. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006.
- FERNANDES, Renato José. **Sequência didática na física escolar: rádio de galena e o ensino de ondas e eletromagnetismo**. 2018. 119. Dissertação de mestrado – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2018.
- FERRARO, Nicolau Gilberto. TORRES, Carlos Magno A. PENTEADO, Paulo Cesar M. Física, volume único. 1. ed. São Paulo: Moderna, 2012.
- GRAF. **Física 3: Eletromagnetismo**. 4ª ed. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2000.
- GRAF. **Leituras de física**. Eletromagnetismo. **Instituto de Física da USP**. Versão preliminar. Disponível em: <http://www.if.usp.br/graf/eletro/eletro5.pdf> . Acesso em: 15/02/2019.
- MARTÍNEZ, Julio. Construcción de una radio de galena paso a paso. **Suplemento MQR – Edición electrónica**, Valencia-Alaquàs, ClubS500, 2013. Disponível em: <<http://aer.org.es/wp-content/uploads/2016/01/suple01.pdf>>. Acesso em: 25/05/2019.
- MELLO, Hilton A. de. Manual da faixa do cidadão. LINK acesso em 18/02/2019.

ORNETTA, Víctor Cruz. Diseño y Fabricación de una Antena Log-Periódica 200-1000 MHz. *Electrónica-UNMSM*, n. 16, p. 3-11, 2005.

RAMALHO JÚNIOR, Francisco. FERRARO, Nicolau Gilberto. SOARES, Paulo Antônio de Toledo. *Os fundamentos da física*. 10. Ed. São Paulo: Moderna, 2009.

REIS, Amauri M. **Rádio de galena e vídeos do youtube: elementos motivadores para a aprendizagem de Eletromagnetismo**. 2017. 106. Dissertação de mestrado – Instituto Federal do Espírito Santo, Cariacica, 2017.

STEFANOVITS, ANGELO (Ed.). **Ser Protagonista 3: Manual do professor**. 2. ed. São Paulo: SM, 2013.

YOUNG, Hugh D. *Física III: eletromagnetismo*. 12ª ed. São Paulo: Addison Wesley, 2009.

UHF versus VHF. Audio-technica. 2005-2019. Disponível em: <https://www.audio-technica.com/cms/site/9c52c3e2c9f62181/index.html> Acesso 25/04/2019.

WIKIPÉDIA. (Abril de 2019). Fonte: Wikipédia A enciclopédia livre: https://pt.qwe.wiki/wiki/Yagi%E2%80%93Uda_antenna