

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

Sumário

1	INTRODUÇÃO	3
2	REVISANDO A INDUÇÃO ELETROMAGNÉTICA	6
3	CIRCUITOS ELÉTRICOS	7
3.1	CIRCUITO INDUTIVO-CAPACITIVO – LC	8
4	CORRENTE DE DESLOCAMENTO E ONDAS ELETROMAGNÉTICAS	10
5	MOMENTO EXPERIMENTAL I: RÁDIO GALENA	13
5.1	MONTAGEM DO RÁDIO GALENA.....	15
5.2	COMO FUNCIONA O RÁDIO GALENA?.....	21
5.3	EXECUÇÃO DO MOMENTO EXPERIMENTAL I.....	22
6	ESPECTRO ELETROMAGNÉTICO E SUAS APLICAÇÕES	22
6.1	RAIOS GAMA (γ).....	23
6.2	RAIOS-X.....	23
6.3	ULTRAVIOLETA.....	24
6.4	ESPECTRO DE LUZ VISÍVEL.....	24
6.5	INFRAVERMELHO	25
6.6	MICRO-ONDAS	25
6.7	ONDAS DE RÁDIO.....	26
7	MODULAÇÃO	28
8	MOMENTO EXPERIMENTAL II: MANIPULAÇÃO EM CÓDIGO MORSE	32
9	SUB-FAIXAS DAS ONDAS DE RÁDIO	32
9.1	ANTENAS.....	34
9.2	PROPAGAÇÃO DAS ONDAS DE RÁDIO	36
10	UM POUCO SOBRE O RADIOAMADORISMO E O RADIOCIDADÃO	38
11	MOMENTO EXPERIMENTAL III: TRANSMISSÃO NA FAIXA DO CIDADÃO	39
12	AVALIAÇÃO.....	40
	REFERÊNCIAS	41

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 vivencia 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 1 - 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.

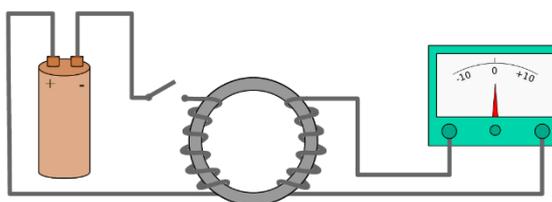
Os momentos experimentais estão previstos para ser aulas mais dinâmica, em que será demonstrado e explicado qualitativamente o conceito a respeito do experimento. Onde será relatado um pouco sobre o contexto histórico de cada atividade e indaga-los com perguntas simples sobre o conteúdo estudado antes 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 1 - 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

induzia 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.

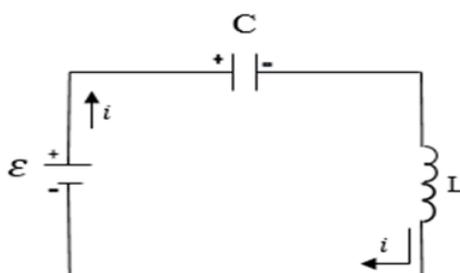
3 Circuitos elétricos

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.

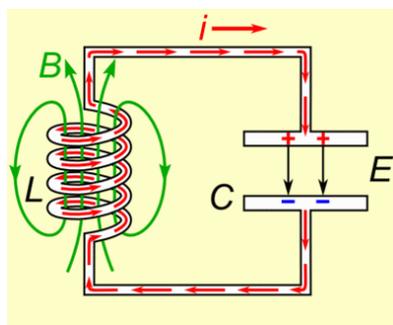
Figura 2 - Esquema simples do circuito LC.



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 3 – Animação do circuito LC.



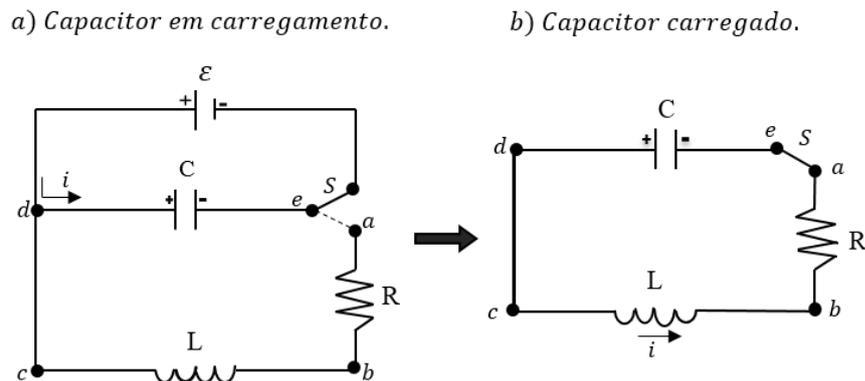
Fonte: Wikimedia Commons¹

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

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

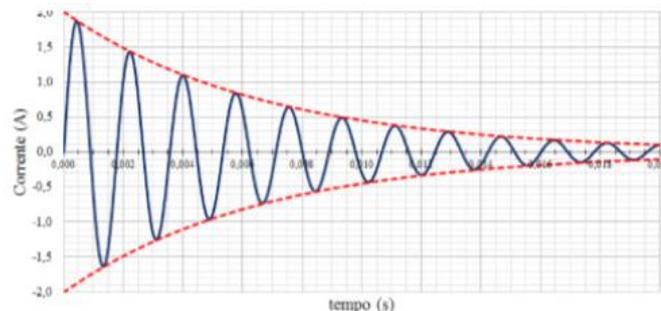
Figura 4 – Esquema do circuito RLC.



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 5 - 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

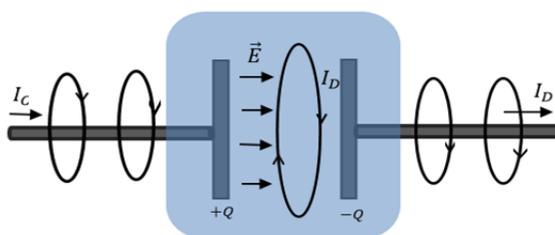
O conceito de corrente deslocamento criado por James C. Maxwell envolve uma compreensão mais específica de cálculos avançados. Porém, nesta sequência didática tal conceito que somente é visto em ensino de nível superior será analisado qualitativamente para melhor compreensão do circuito LC ou RLC envolvido 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 6 - 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 7 - 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, extraíndo 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.

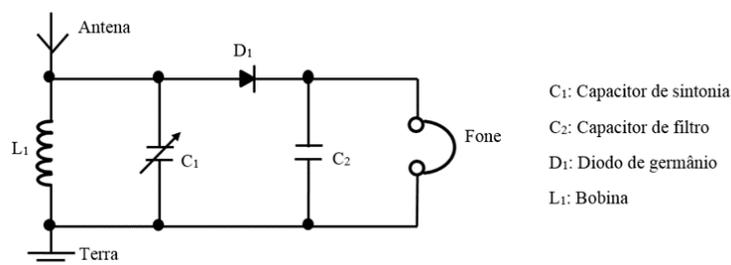
Hoje em dia, no lugar do cristal de galena é bastante utilizado o semicondutor diodo de germânio ou silício por apresentar maior sensibilidade e facilidade de operação. Assim, a ideia principal sobre o funcionamento do rádio galena é a compreensão de que a energia utilizada provém das ondas eletromagnéticas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

Figura8 - 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 9 - 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 10 - 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.

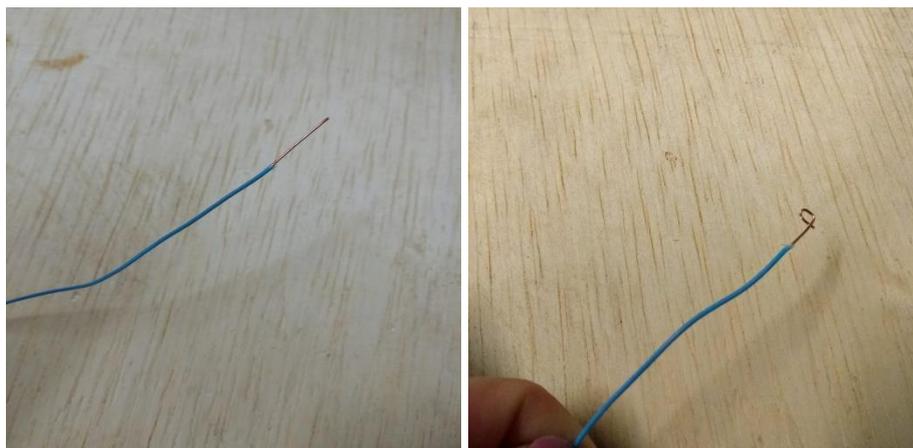
Figura 11 - Área lixada na bobina.



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.

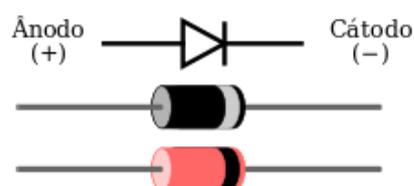
Figura 12 - Desencapando e fazendo o olhal no fio.



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 13 - 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.

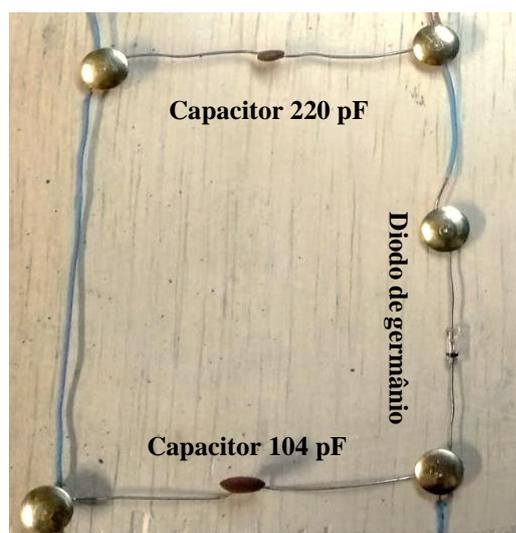
Figura 14 - Soldagem do diodo de germânio.



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.

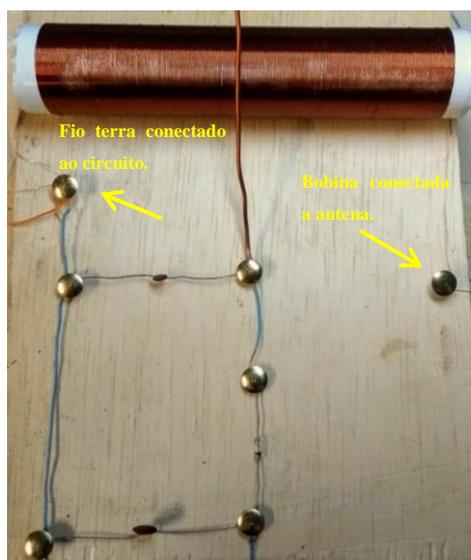
Figura 15 - Dispositivos elétricos já soldados.



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 16 – 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.

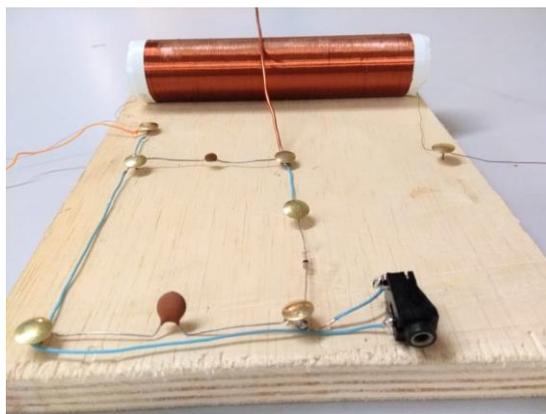
Figura 17 - Extremidade lixada do cursor.



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 18 - Circuito do rádio galena já montado.



Fonte: Arquivo pessoal (2019).

Figura 19 - 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 20 - 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/cm².

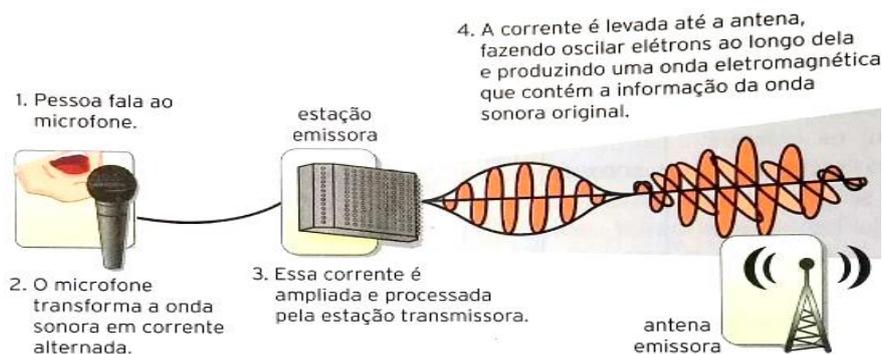
Uma das aplicações mais utilizadas atualmente é a transmissão de informações através das redes sem fio, o Wi-Fi (Wireless Fidelity). Sendo possível o acesso a internet sem necessitar de uma rede com fios conectores. Nos transmissores Wi-fi, as ondas de micro-ondas são transmitidas por um adaptador (chamado 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 3×10^9 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.

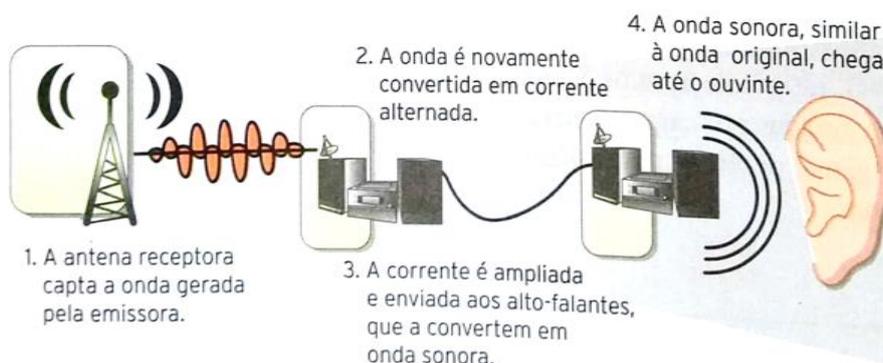
Figura 21 – Processo de produção e emissão por uma estação emissora.



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 22 – 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

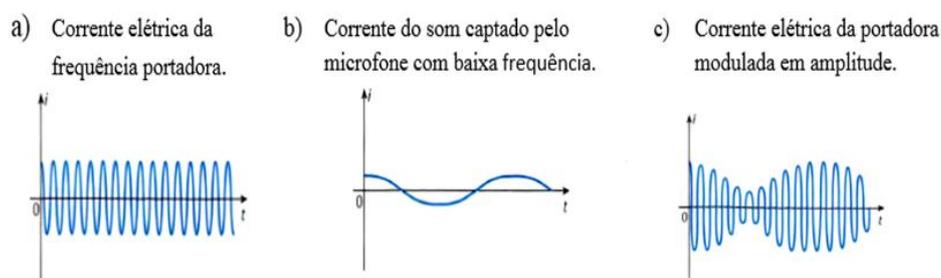
Para que a informação chegue a antena dos aparelhos receptores é necessário codificar a informação. Para isso, a informação quando transformada em corrente elétrica possui baixa frequência não sendo apropriada para a aplicação nas antenas de transmissão. Ao passar pelo circuito oscilante, a antena transmissora 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 23 - Esquema gráfico da amplitude modulada.



Fonte: Ramalho (2009).

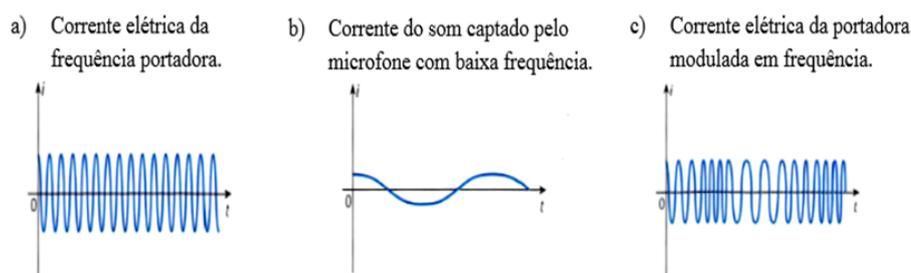
Uma das vantagens da utilização do sinal AM é justamente por possuir em sua onda grande amplitude e baixa frequência alcançando um elevado sinal de propagação.

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 24 - 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. Somete 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: 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 25 - 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 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)

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 emisoras 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.

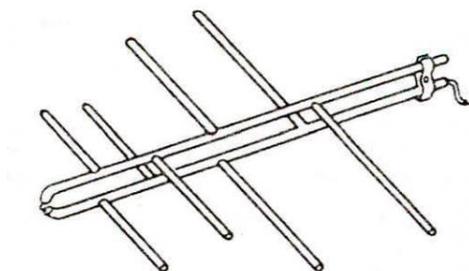
Figura 26 - Modelo de antena Yagi-Uda.



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

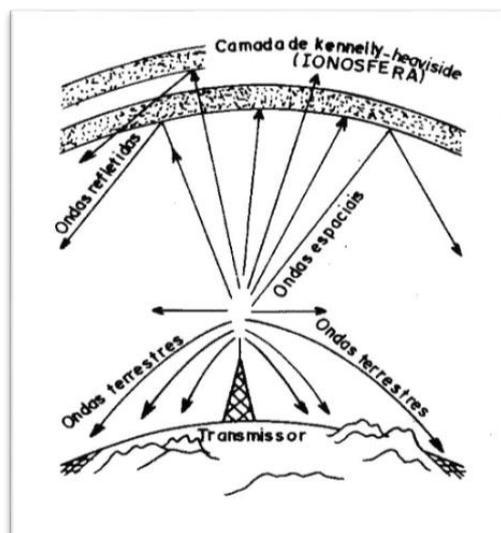
Já é de conhecimento que as ondas de rádio ao serem transmitidas pelas antenas se propagam no meio com a mesma velocidade da luz (300.000 km/s), sendo esse meio a atmosfera terrestre composta por três camadas: a troposfera, estratosfera e ionosfera. Dessa forma, os meios comunicativos classificam a propagação 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 268 - 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 279 - Rádio Aquário RP-80.



Fonte: Aquário, 2017.

Como também, se possível escutar alguma comunicação nessa faixa de frequência. Esta aula servirá para relembrar 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 em: 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/gref/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