

PROTÓTIPO EDUCACIONAL: DISPOSITIVO TRANSMISSOR FM LIVRE E DE BAIXO CUSTO NO CONTEXTO DA EDUCAÇÃO

Herrison Nascimento de Jesus Barros ¹
Letícia Barbosa de Oliveira ²
Kiara Bonella Scaramussa ³

RESUMO

Os sistemas de comunicação e troca de informações a longa distância resumem-se a uma forma moderna e eficiente de executar tarefas. Neste contexto, as ondas eletromagnéticas de rádio tratam-se de radiações magnéticas formadas por campos elétrico e magnético. Desse modo, as ondas de rádio AM e FM situam-se em ondas hertzianas com baixo nível de energia e altos comprimentos de onda, que possuem extensão entre 3.10^8 nm e 3.10^{17} nm. Este estudo tem como objetivo apresentar a teoria da codificação de um sinal de áudio estereofônico, modulação em frequência e os procedimentos práticos experimentais para a concepção de um transmissor FM com foco em finalidade didática. A metodologia utilizada trata-se de uma pesquisa analítica e descritiva, a qual se dá pela utilização de componentes discretos e de baixo custo. Foi realizada a construção de um circuito no qual houve transmissão de sinal de áudio modulado em frequência e sintonizado por um dispositivo de rádio na faixa de frequência modulada (FM) comercial, bem como foi utilizado software específico como o AIRSPY e dispositivo sonoro qualquer, para obter os dados de frequência e espectro. Dentre os resultados encontrados, temos as frequências entre 79 MHz a 158MHz e 80MHz a 160MHz com portadora praticamente fixa, com fluidez, sem interferências e/ou ruídos e com qualidade sonora extremamente considerável e de alta sensibilidade, por meio de um dispositivo de fácil manuseio e poucos componentes eletrônicos, podendo assim verificar a taxa de padronização ideal das frequências detectadas. Dessa maneira, esta pesquisa forneceu um forte auxílio no ensino de técnicas de modulação e transmissão de ondas eletromagnéticas, tendo forte contribuição nas aulas de experimentação prática em Eletrônica e Princípios de Comunicação, sem a utilização de circuitos eletrônicos de alta complexidade que poderiam influenciar tanto no custo, quanto na dificuldade de possibilitar a aprendizagem dos conhecimentos técnicos.

Palavras-chave: Ondas Eletromagnéticas, Modulação FM, Transmissor Broadcast, Telecomunicações.

INTRODUÇÃO

Atualmente com o desenvolvimento da internet, imagina-se que os sistemas de comunicação e troca de informações a longa distância resumem-se a esta forma moderna e eficiente de executar essas tarefas, pode-se ter a percepção de que a troca de informações

¹ Graduando do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Bahia - IFBA, herrison_expert@hotmail.com;

² Graduanda do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Bahia - IFBA, leticia.barbosa.oliveira@gmail.com;

³ Graduanda do Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal da Bahia - IFBA, kiarabonella7@gmail.com ;

utilizando transmissores e receptores de rádio pode estar em declínio e sua tecnologia será em pouco tempo obsoleta.

É notório que a rede de computadores consiste hoje na forma mais utilizada na troca de informações. Entretanto, é importante destacar a necessidade de um canal para a interconexão e fluxo dos dados entre os diversos pontos para que as informações possam ser processadas em locais remotos, a fibra ótica é uma forma otimizada de realizar essa conversão. Porém, um dos meios mais utilizados ainda é através das ondas de rádio que levam esses dados e mensagens através de longas distâncias.

Entende-se que para transmitir informações como voz, imagens e dados através de sinais de rádio é necessário gerar uma portadora de alta frequência na qual será modulada por essas informações. Existem diversas técnicas de modulação que envolvem alterações na frequência que permita uma recuperação da informação posteriormente (TEÓFILO et al., 2019).

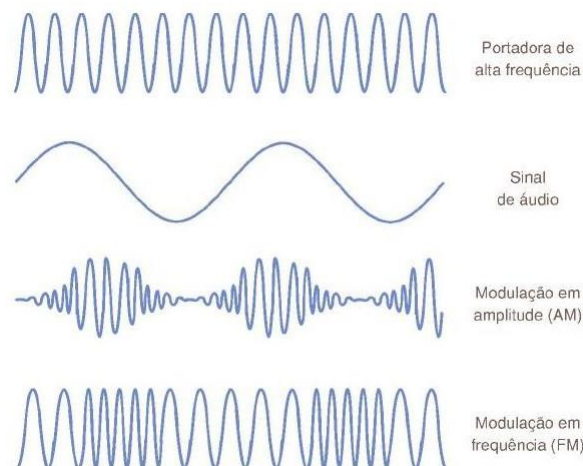
Para os sistemas empregados em telecomunicações e radiodifusão os principais processos de modulação são a modulação em frequência e a modulação em amplitude. No primeiro caso, a frequência de uma portadora varia de acordo com a amplitude do sinal modulador, e no segundo caso ocorre a variação da amplitude da portadora em função da amplitude do sinal modulador (TEÓFILO et al., 2019). Um dos conceitos mais importantes que todo engenheiro eletricista deve dominar é o de modulação. Conhecer os diversos tipos de modulação empregados nos serviços de telecomunicações, suas principais características, vantagens e desvantagens é algo imprescindível na vida do profissional (TEÓFILO et al., 2019).

Este estudo tem o intuito de apresentar a teoria da codificação de um sinal de áudio estereofônico, da modulação em Frequência, e os procedimentos práticos para a concepção de um transmissor em FM estéreo utilizando componentes discretos e de baixo custo, com o objetivo de desenvolver um produto que auxilie no ensino das técnicas de modulação em transmissão das ondas eletromagnéticas, bem como incentivar práticas laboratoriais em salas de aula com experimentos de baixa complexidade com aplicação real no cotidiano, contribuindo assim para o enriquecimento das aulas relacionadas às disciplinas princípios da comunicação e eletrônica.

O projeto será focado em um produto com finalidade didática, idealizado com circuitos básicos tratando os sinais em todas suas etapas, não sendo desenvolvido com circuitos sofisticados, evitando-se utilizar circuitos integrados comerciais dedicados para essa finalidade, portanto não se propõe obter um equipamento sofisticado. Com o objetivo final de projetar e implementar um circuito que irá transmitir um sinal de áudio estéreo modulado em frequência e que poderá ser sintonizado por um rádio na faixa frequência modulada (FM) comercial.

O fundamento básico das telecomunicações está no fato de se enviar sinais de baixa frequência que correspondem à informações, utilizando sinais de altas frequências (FEY; GAUER, 2016). Um sinal de alta frequência sem transportar informações não terá utilidade e um sinal de baixa frequência que corresponde a informação não tem a capacidade de se propagar eficientemente até um receptor a uma certa distância (FELICE, 2005). A combinação dos dois sinais, de maneira que o sinal de alta frequência transporte o sinal de baixa frequência é denominada de modulação (TEÓFILO et al., 2019). Existem muitos processos de modulação, a Fig. 1 demonstra um sinal modulador, o sinal de alta frequência e os sinais resultantes de dois tipos de modulação muito utilizados, a modulação em amplitude (AM) e em frequência (FM). No processo de modulação as características dos sinais são alteradas de maneira que a informação contida no sinal modulador possa ser transmitida (MOECKE, 2004).

Figura 1 – Tipos comuns de modulação



Fonte: (CUNHA, 16)

A onda portadora é o sinal que transporta a informação, a mesma pode ser um sinal RF, que será transmitido através de um cabo, ou que resulte numa onda de rádio que irá se propagar pelo espaço ou um feixe de luz ou infravermelho que irá se propagar por uma fibra óptica (RIBEIRO, 2012). O sinal modulador, que é a informação, pode ser um sinal de áudio, de vídeo, dados digitais ou analógicos, sendo denominado de “modulação” (FASOLO; MENDES, 2002).

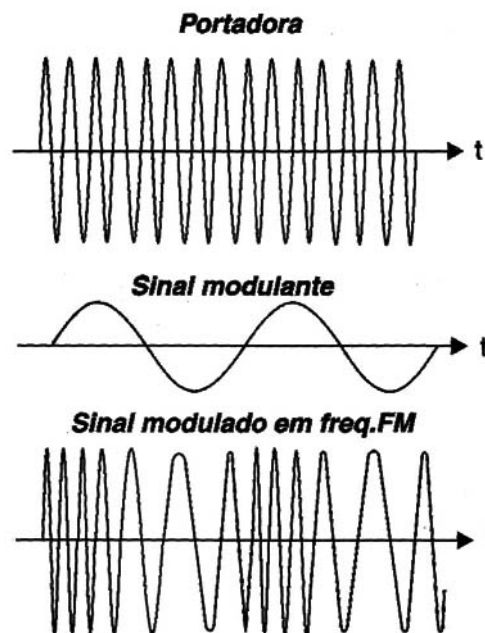
A modulação em amplitude foi a primeira técnica aplicada para a transmissão de áudio através de ondas de rádio, sendo utilizado até os dias atuais nas emissoras de ondas médias e curtas e alguns serviços de radioamadores (MEDEIROS, 2005). Na modulação em Amplitude (AM) a intensidade do sinal da portadora varia em função do sinal de baixa frequência, como os sons são sinais de frequência baixa usa-se esse sinal para alterar a amplitude do sinal de alta

frequência, que ao ser aplicado a uma antena, resulta em uma onda eletromagnética (MEDEIROS, 2005).

Outra maneira de modular uma portadora de alta frequência é através da modulação em frequência ou FM. Na modulação em frequência, a característica da portadora que é alterada com o sinal modulador é a frequência, e o sinal que modula a portadora pode conter outros tipos de informações inclusive dados (MEDEIROS, 2005).

Nessa forma de modulação ao se modificar a frequência, o ângulo de fase também sofre alterações, portanto a modulação em frequência também é chamada de modulação angular ou modulação de fase (TEÓFILO et al., 2019). Para modular um sinal em frequência, o que se faz é variar a frequência de uma portadora com o sinal de baixa frequência de maneira que o valor instantâneo do sinal de alta frequência seja proporcional a intensidade do valor instantâneo do sinal modulador (GOULART, 2016). A Fig. 2 apresenta o comportamento da portadora quando sofre o processo de modulação em frequência, nessa técnica de modulação, a frequência do sinal a ser transmitido será máxima na intensidade máxima positiva do sinal modulador, e será mínima no pico negativo do sinal modulador (FARIA, 2016).

Figura 2 – Portadora modulada em FM



Fonte: Adaptado de (TEÓFILO et al., 2019)

A banda ou faixa que será ocupada por um sinal FM depende da profundidade de modulação e das componentes harmônicas do sinal modulador que podem gerar infinitas raias simétricas em relação a da portadora (TEÓFILO et al., 2019). Em uma comparação entre o

processo de modulação em frequência e a modulação em amplitude, a excepcional vantagem que o FM tem sobre o AM é o menor ruído (NEUBERGER, 2012).

Em uma recepção de sinais modulados em amplitude existirá ruído proveniente de fontes externas, como motores elétricos, relâmpagos e sistemas de ignição, em um receptor FM, a amplitude do sinal não é importante e a variação da frequência é detectada, torna-se menos susceptível ao ruído (SARTIN, 2010).

Nos transmissores elementares utilizados na faixa de FM comercial (88 a 108MHz), quando se aplica o sinal de áudio de baixa frequência em um circuito oscilador transistizado, modifica-se a polarização do próprio transistor, e ao modificar as características dinâmicas como a capacitância entre as junções, varia-se sensivelmente a frequência gerada no oscilador (MEDEIROS, 2005).

Uma fonte de alimentação é um elemento capaz de entregar (alimentar) energia a um circuito elétrico. A alimentação é feita através da tensão que a fonte apresenta entre seus terminais de saída (fonte de tensão). Uma fonte de tensão convencional é constituída de um transformador conectado à rede elétrica, para redução da tensão ao valor de amplitude desejado, retificando-a no secundário do transformador, filtrando com um capacitor, finalizando com a regulação por meio de um circuito regulador de tensão (BOYLESTAD; NASHELSKY, 1984).

Para o circuito regulador de tensão, o mercado disponibiliza uma classe de Circuitos Integrados (CI), esses componentes contêm em um único encapsulamento os circuitos de referência, amplificador, comparador, controle e proteção. Essas linhas de componentes oferecem regulação para tensão fixa positiva, negativa e tensão ajustável (BOYLESTAD; NASHELSKY, 1984).

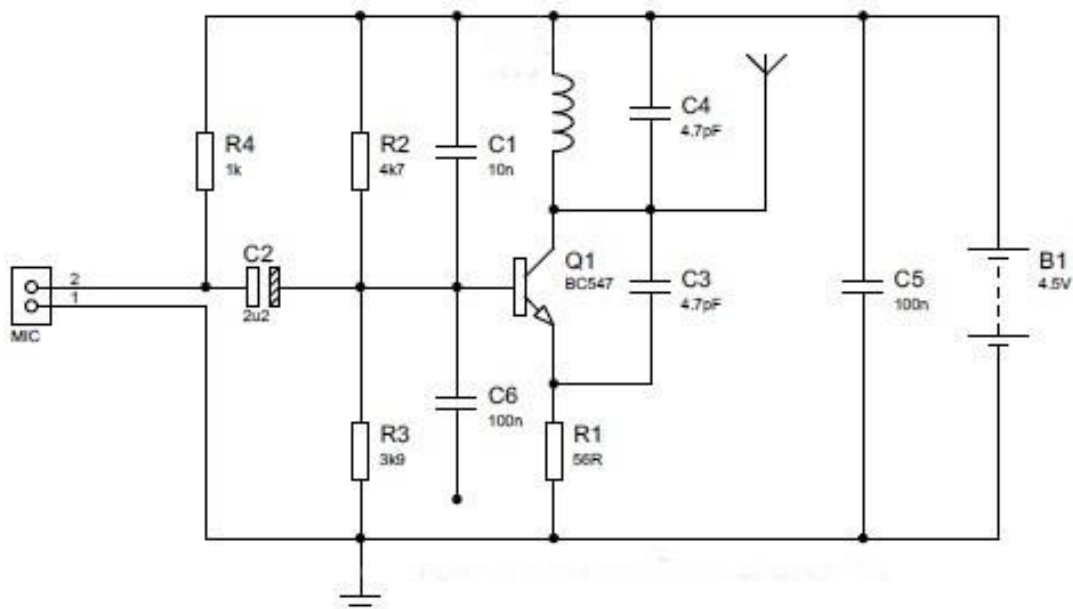
METODOLOGIA

Para a realização da montagem do transmissor FM broadcast foi necessário a utilização dos seguintes materiais:

- 1 Resistor 1k;
- 1 Resistor 68R;
- 1 Resistor 3k9;
- 1 Resistor 4k7;
- 1 Capacitor Eletrolítico 2.2 UF x 50V;

- 1 Transistor BC547;
- 1 Capacitor cerâmico 10nF (103);
- 1 Capacitor cerâmico 100nF (‘04);
- 2 Capacitor cerâmico 4.7 pF;
- Fio de cobre, 20 cm;
- Microfone condensador;
- Estanho;
- Ferro de solda;
- 4 Pilhas AA 1.5V;
- Fios para conexão;
- 1 Suporte para pilhas.

Figura 3 – Circuito escolhido para a realização da montagem e construção do transmissor FM



Fonte: (“Monte um Transmissor de FM com qualidade de Áudio Incrível!”, [s.d.]

Foi utilizado o circuito da figura 3 como referência para a realização da montagem e construção do transmissor FM. Durante a montagem, se fez necessário substituir um capacitor C4(trimmer) por um capacitor cerâmico 4.7pF com isso a frequência do transmissor se tornou fixa, o que não aconteceria caso fosse utilizado o trimmer, um capacitor variável. Dessa maneira, foi pensado em não utilizar divisor de tensão, uma vez que, o divisor faria com que o consumo do circuito fosse muito alto e consequentemente as baterias seriam gastas em um intervalo de tempo consideravelmente pequeno.

Fez-se parte do experimento, também, a questão de ser utilizado um suporte para pilhas AA de 1,5V, na quantidade de 4 pilhas totalizando 6V, assim, por o suporte ter um compartimento para 4 pilhas e estas possuírem uma tensão total de 6V o circuito filtraria essa tensão a ponto de captar o suficiente pra seu funcionamento. O fio de cobre foi utilizado para a construção de uma bobina, a qual teve um total de 4 voltas e havia necessidade de realizar uma raspagem tanto nos fios da bobina, quanto no fio da antena. O transmissor após a processo de montagem está disposta na figura 4.

Posteriormente, os passos para obtenção dos dados desejados, foi necessário utilizar softwares específicos como AIRSPY para captação de frequências e espectro. Assim, ao ligar as pilhas e encontrar a frequência correta, utilizamos um aparelho de som qualquer, no caso foi utilizado um telefone celular com uma música qualquer com o objetivo de fazer a transmissão do sinal para o software atuante.

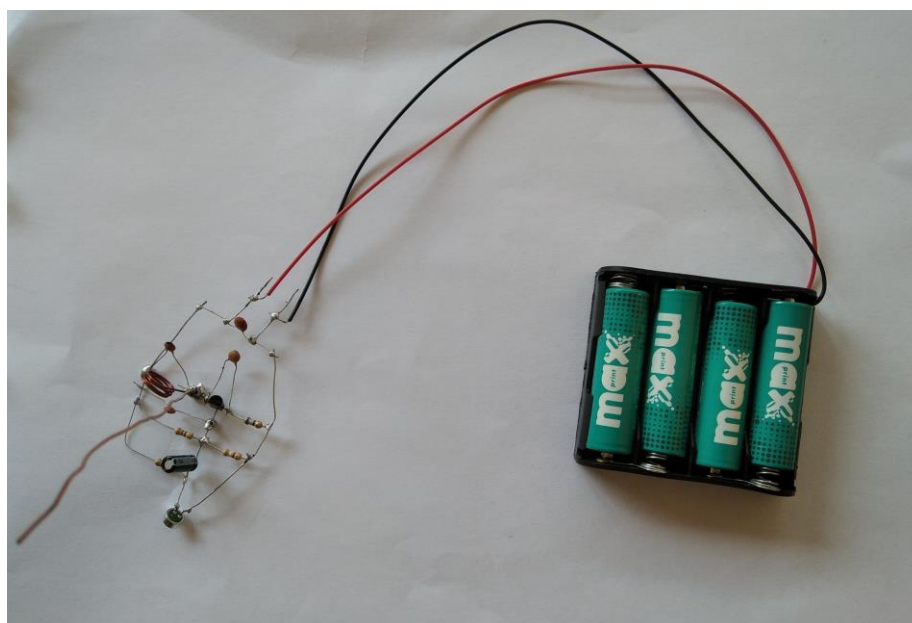


Figura 4 – Transmissor FM Broadcast

Fonte: (Autoria própria)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

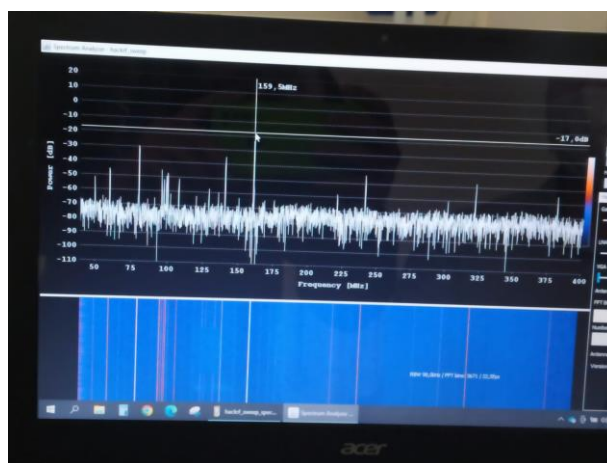
Ao realizar os primeiros testes, somente com o telefone celular, foi possível perceber que havia muito ruído e muita interferência, o que chegou a causar impressão de mau funcionamento do circuito. Mediante a este problema, foi realizado teste em sala de aula através de softwares computacionais específicos para rastreamento de frequência, definição de espectro e definição de faixa. Desse modo, ao ligar as pilhas no suporte, o ruído cessou e então foi possível identificar a existência de sinais, os quais representavam a frequência dentro do limite daquele circuito dispostos nas figuras 6 e 7.

Figura 6 – Frequência de 79,3MHz



Fonte: Autoria Própria

Figura 7 – Frequência de 159,5MHz

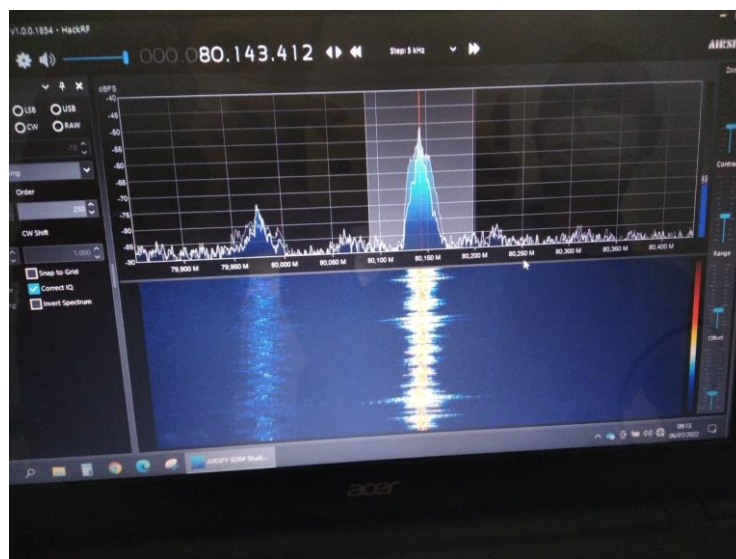


Fonte: Autoria Própria

Diante disso, foi realizado um teste com música qualquer em aparelho celular, onde o dispositivo Transmissor FM Broadcast executou de maneira bem fluida, sem ruídos e/ou interferência, gerando frequências de 79 MHz a 158MHz e 80MHz a 160MHz com a portadora

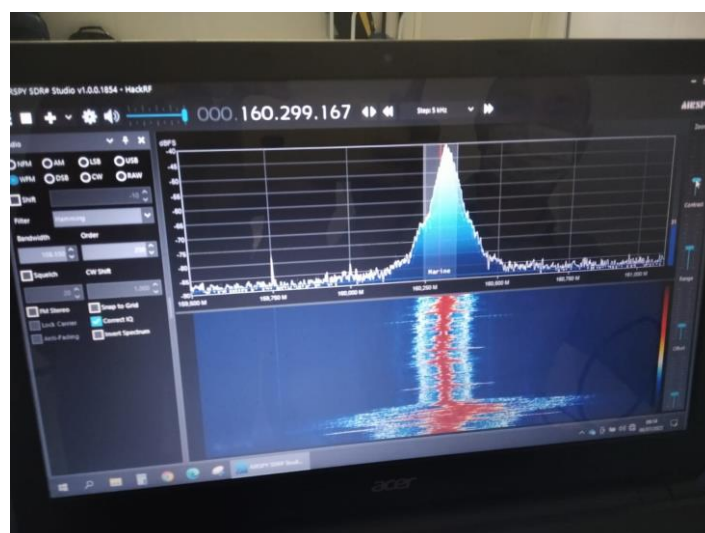
praticamente fixa. Dessa forma, entende-se que a frequência está fora do padrão, que se trata de 88MHz a 108MHz. Entretanto, por mais que a frequência estivesse fora do padrão, o transmissor FM executou sua função verdadeiramente bem, sem interferências de qualquer tipo, sem chiados/ruídos e com som de alta sensibilidade e de alta qualidade. Também foi feito o teste em outro software, as imagens estão dispostas nas figuras 8 e 9.

Figura 8 – Frequência 80 MHz



Fonte: Autoria Própria

Figura 9 – Frequência 160 MHz



Fonte: Autoria Própria

CONSIDERAÇÕES FINAIS

No presente experimento, optou-se por fazer o uso do princípio de utilizar circuitos que sejam elementares para a realização de modulação angular, ou seja, modulação FM de sinal estéreo, no intuito de implementar através de procedimento prático de circuitos de radiofrequência. Dessa maneira, se pôde observar que, é possível buscar alternativas para eventos incomuns quando se relaciona com circuitos em baixa frequência.

O experimento de forma prática é necessário para haver buscas de resolução e trazer observações de que, não só se tem conhecimentos a respeito dos circuitos e componentes, como também trazer a importância de experiências e vivências por meio dos problemas cotidianos existentes na engenharia. E, desse modo, haver uma busca do que pode ser determinante relativo à aplicação de conhecimentos adquiridos em sala de aula e/ou laboratórios, estimulando assim, a criatividade para resolução de dificuldades e problemas. A partir do presente trabalho e através dos resultados obtidos, têm-se como uma possível solução, que se trata da execução de novas pesquisas no ramo de telecomunicações em especial na parte de modulação FM para serem desenvolvidas e, partindo do ponto de aproveitamento do Transmissor FM Broadcast utilizado em questão, tem-se como sugestão a criação de filtros para remoção de ruídos que possam conter, provenientes da transmissão.

Aliado a isso, o presente experimento teve resultados satisfatórios; entretanto, por mais completo que estivesse o sinal, a faixa de frequência encontrada não foi como previsto, pois, estava fora do padrão. Não obstante, ainda que fora da faixa, o som emitido através do transmissor supriu todas as expectativas esperadas. Dessa forma, pode-se considerar como uma segunda solução futura, realizar pesquisas e/ou comparativos similares ao transmissor utilizado neste trabalho, para que assim, o transmissor seguinte possa também obter bons resultados em questão de qualidade sonora e qualidade da portadora e que a frequência fique dentro do padrão de 88MHz a 108MHz.

Pode-se considerar também como sugestão futura, realizar experimentos onde se possa verificar modulação de sinais com o intuito de executar uma transmissão FM sem qualquer tipo de ruído. Porém, observando sempre o delay que possa vir a ter durante a execução da transmissão.

Fica claro, portanto, que o objetivo do trabalho de realizar experimento prático voltado para compreensão de conteúdos dados em sala de aula, foi concluído com êxito, uma vez que, através da prática, se pôde verificar a comprovação dos fenômenos teóricos por meio das práticas experimentais. O estudo do Transmissor FM Broadcast foi de extrema importância no aprendizado, tendo um resultado muito satisfatório e com possíveis soluções para resolução de qualquer eventualidade que possa ter ocorrido durante a execução da transmissão, reiterando



assim a importância deste protótipo na educação como forma de tornar o estudo de conteúdos complexos de maneira mais lúdica e didática através da visualização de funcionamento prático da teoria.

REFERÊNCIAS

BOYLESTAD, R. L.; NASHESKY, L. **Dispositivos eletrônicos e teoria de circuitos**. [S.l.]: Prentice-Hall do Brasil, 1984. v. 6.

FARIA, D. R. d. M. Modulador por intervalo de pulsos (pim) aplicado à rede de sensores do corpo humano. 2016.

FASOLO, S. A.; MENDES, L. L. Televisão digital: Fundamentos e padrões. **Semana Internacional das Telecomunicações**, 2002.

FELICE, F. Análise do desempenho de enlaces ponto-a-ponto utilizando a faixa de frequência não licenciada de 2, 4ghz em tecnologia spread spectrum. **Master theses**, Universidade Federal do Paraná, 2005.

FEY, A. F.; GAUER, R. R. **Fundamentos de Telecomunicações e Comunicação de Dados**. [S.l.]: Clube de Autores, 2016.

GOULART, A. J. H. **Efeitos de áudio baseados em decomposição AM/FM**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2016.

MEDEIROS, J. C. d. O. **Princípios de Telecomunicações Teoria e prática**. [S.l.]: Saraiva Educação SA, 2005.

MOECKE, M. Conversão de sinais para transmissão. **São José**, 2004.

NEUBERGER, R. S. A. **O rádio na era da convergência das mídias**. [S.l.]: Editora UFRB, 2012.

RIBEIRO, G. d. S. Transmissão de rádio sobre fibra. Universidade Presbiteriana Mackenzie, 2012.

SARTIN, A. C. P. Avaliação da suscetibilidade eletromagnética dos cabos metálicos dos sistemas de supervisão, proteção, comunicação e controle de subestações de alta tensão. Universidade Estadual Paulista (Unesp), 2010.

TEÓFILO, F. L. et al. Implementação de um transmissor didático em frequênciamodulada (fm) utilizando componentes discretos. Universidade Federal Rural do Semi-Árido, 2019.

Monte um Transmissor de FM com qualidade de Áudio Incrível! Disponível em:

<<https://www.youtube.com/watch?v=DtA1EHVfsS0>>. Acesso em: 5 ago. 2022.

CUNHA, M. **Tipos de Modulação**. Disponível em:

<<https://www.marciocunha.eti.br/tipos-de-modulacao/>>. Acesso em: 7 Ago. 2022.