

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA - CÂMPUS ARARANGUÁ  
LICENCIATURA EM FÍSICA**

**LUIZ EDUARDO DOS SANTOS BIF**

**BEATLES E FÍSICA: DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA A PARTIR DAS MÚSICAS DA  
BANDA BRITÂNICA**

**ARARANGUÁ (SC)**

**2024**

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA  
CATARINA - CÂMPUS ARARANGUÁ  
LICENCIATURA EM FÍSICA**

**LUIZ EDUARDO DOS SANTOS BIF**

**BEATLES E FÍSICA: DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA A PARTIR DAS MÚSICAS DA  
BANDA BRITÂNICA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Licenciatura em Física do Instituto Federal de Santa Catarina, Câmpus Araranguá, como requisito parcial para a obtenção do título de Licenciado em Física.

Orientador: Prof. Me. Edmilson Souza Barreto

**ARARANGUÁ (SC)**

**2024**

## RESUMO

O trabalho "Beatles e Física" integra músicas dos Beatles com o estudo de física. A ideia começou com a criação do site [www.beatlesefísica.com.br](http://www.beatlesefísica.com.br) em 2021. O projeto, inicialmente aplicado em sala de aula, foca agora na divulgação científica via *Instagram*, *TikTok* e *YouTube*, devido à popularidade no Brasil. A escolha pelos Beatles se baseia por minha preferência e em sua relevância cultural e histórica. A pesquisa busca demonstrar como músicas da banda podem auxiliar a compreensão de física, propondo a produção de pelo menos 15 vídeos que relacionem o estudo de ondulatória e acústica com a música da banda britânica. A revisão bibliográfica identificou uma lacuna na literatura sobre a relação entre música e ensino de física. A metodologia inclui roteirização, gravação, edição, publicação dos vídeos, avaliação por pares e análise dos dados das redes sociais. Os objetivos quanto a utilização dos vídeos como organizadores prévios ou materiais potencialmente significativos não foram atingidos, entretanto o material atingiu mais cem mil espectadores em todas as redes, podendo ser um material de divulgação científica.

**Palavras-chave:** Beatles, física, divulgação científica, acústica, redes sociais, materiais potencialmente significativos, organizadores prévios, vídeos.

*“We were talking about the space between us all  
And the people who hide themselves behind a wall of illusion  
Never glimpse the truth  
Then it's far too late when they pass away”  
Letra de Within You Without de 1967*

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>6</b>
<b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>9</b>
<b>3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA .....</b>	<b>13</b>
3.1 A TEORIA DA APRENDIZAGEM SIGNIFICATIVA (TAS) DE AUSUBEL .....	13
3.2 ONDAS .....	15
3.3 BREVE TEORIA MUSICAL.....	17
3.3.1 <i>Notas musicais</i> .....	18
3.3.1 <i>Acordes</i> .....	18
3.4 <i>THE BEATLES</i> , UMA BREVE BIOGRAFIA .....	19
3.5 <i>THE BEATLES</i> E FÍSICA.....	27
3.5.1 <i>Because e Nowhere Man</i> .....	27
3.5.2 <i>Back in the U.S.S.R.</i> .....	28
3.5.3 <i>A Day in the Life</i> .....	29
3.5.4 <i>Paperback Writer</i> .....	32
3.5.5 <i>Rain</i> .....	33
3.5.6 <i>Strawberry Fields Forever</i> .....	34
3.5.7 <i>A Hard Day's Night, In My Life e When I'm 64</i> .....	36
3.5.8 <i>Blue Jay Way e Lucy in the Sky with Diamonds</i> .....	37
3.5.9 <i>Blackbird</i> .....	39
3.5.10 <i>The Night Before</i> .....	40
3.5.11 <i>Tomorrow Never Knows</i> .....	41
3.5.12 <i>Yer Blues e Helter Skelter</i> .....	43
3.5.13 <i>For You Blue</i> .....	44
3.5.14 <i>Hey Bulldog e Now and Then</i> .....	44
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>47</b>
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....</b>	<b>54</b>
5.2 RESPOSTAS DOS PROFESSORES .....	54
5.3 RESULTADOS DAS REDES SOCIAIS .....	56
5.3.1 <i>Dados gerais acerca do público</i> .....	57
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>64</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Quando se fala em arte, raramente se pensa em suas relações com a física. Enquanto a primeira é associada à criatividade, à liberdade, a segunda é relacionada à razão, ao rigor e à descrição precisa da natureza (Braga, Guerra e Reis, 2005).

Zanetic (2005) traz que um estudante contemporâneo, na maioria das vezes, é ensinado que a física nada tem a ver com a vida atual e que não faz parte da cultura, que se restringe à memorização de fórmulas que são aplicadas nos exames vestibulares.

Para que isso mude, o ensino de física precisa de um número mínimo de aulas, da conceituação teórica, da experimentação, da história da física, da filosofia da ciência e de sua ligação com a sociedade e com outras áreas da cultura. Isso favoreceria a construção de uma educação problematizadora, crítica, ativa, engajada na luta pela transformação social (Zanetic, 2005).

Falando especificamente sobre a música, a física se relaciona diretamente com a parte tecnológica da produção musical, seja na construção de instrumentos musicais, na gravação e produção de músicas, ou até mesmo na teoria musical (Gaspar, 2013 e Grillo e Perez, 2016).

<sup>1</sup>Durante minha trajetória pelo curso de licenciatura em física mantive uma ideia de relacionar as músicas da banda britânica *The Beatles* ao ensino de física. A partir disso, surgiu o projeto *Beatles e Física*, que começou a ser desenvolvido em 2021 enquanto eu era bolsista do Programa Institucional de Bolsas de Iniciação à Docência (PIBID), naquele momento criei o site [www.beatlesefisica.com.br](http://www.beatlesefisica.com.br), e levei o projeto à sala de aula, em que fiz uma breve contextualização sobre ondulatória, a história da banda e apresentei dez músicas e suas relações com a física.

Para dar um passo adiante nesse projeto, pensei em focar na divulgação científica através das redes sociais *Instagram*, *TikTok* e *YouTube*. Conforme aponta Lorenzetti et al. (2021) a divulgação em ciências vem se consolidando como profícua para o ensino do tema, e em tempos de negacionismo científico ela torna-se ainda mais relevante.

---

<sup>1</sup> Durante boa parte da introdução, da metodologia e nas considerações finais, utilizo a primeira pessoa do singular para mostrar ao leitor a minha relação pessoal com o projeto. Porém nas outras seções ocupo uma posição de mediador, portanto utilizo a escrita em terceira pessoa.

A escolha destas redes sociais se deu pois estão entre as mais usadas no Brasil, sendo o *Instagram* a segunda mais utilizada e o *TikTok* a quarta<sup>2</sup>. Como essas redes, além do *YouTube* permitem o mesmo formato de conteúdo e vídeo não haverá problema em realizar as divulgações nas três.

Já a escolha pela banda *The Beatles* inicia por minha preferência e afinidade, mas não se restringe a isso: a relevância histórica, cultural e influência ocidental também são levadas em consideração. A banda é que mais vendeu discos na história, com cerca de 430 milhões cópias<sup>3</sup>, e mesmo mais de 50 anos após o seu fim, é a número 118 em artistas mais ouvidos do *Spotify*<sup>4</sup>, o aplicativo de *streaming* de música mais usado no mundo atualmente<sup>5</sup>. Outro ponto que destaca a relevância do conjunto na atualidade, é a indicação em duas categorias ao *Grammy 2025*, em melhor performance de *rock* e gravação do ano, com a composição *Now and Then*<sup>6</sup>. Marcolino (2023) traz que o grupo britânico foi um marco no movimento contracultural na década de 1960, causando desdobramentos em todo o mundo ocidental.

Sendo assim, a questão problema a ser tratada nesta pesquisa é a seguinte: de que forma a música produzida pela banda britânica de rock *The Beatles* pode contribuir para a divulgação e ensino de física? Deste modo, minha hipótese é que se pode fazer isso através da produção de vídeos curtos que relacionam física e a música dos *Beatles*.

Portanto, o objetivo geral foi a produção de 20 vídeos<sup>7</sup> de até 1 min 30 s que utilizam músicas da banda em estudo e que possam ser utilizados como organizadores prévios, ou materiais potencialmente significativos de acordo com o referencial teórico de David Ausubel. Nas produções são abordadas e relacionadas a temas de ondulatória, que é a área da física que estuda os fenômenos sonoros. Temas relacionados ao eletromagnetismo não foram abordados neste trabalho, para que ele não fique ainda mais extenso. Os objetivos específicos foram: fazer levantamento bibliográfico sobre a utilização de ondulatória e ensino de física no último decênio;

---

<sup>2</sup>Disponível em: <https://www.tecmundo.com.br/redes-sociais/265310-7-redes-sociais-usadas-brasil-2023.html> Acesso em 27 jul. de 24

<sup>3</sup>Disponível em: <https://chartmasters.org/best-selling-artists-of-all-time/> Acesso em 27 jul. de 24

<sup>4</sup>Disponível em: <https://open.spotify.com/intl-pt/artist/3WrFJ7ztbogyGnTHbHJFI2> Acesso em 27 nov. 24.

<sup>5</sup>Disponível em: <https://canaltech.com.br/apps/os-apps-de-musica-por-streaming-mais-usados-no-mundo-207147> Acesso em 27 jul. 24

<sup>6</sup>Disponível em: <https://www.terra.com.br/noticias/grammy-beatles-voltam-a-ser-indicados-apos-28-anos-entenda,47ae4947ca69b406a8a1c2a13b8fdbada4kvvn45.html> Acesso em 25 nov. 24

<sup>7</sup>Os vídeos estão disponíveis em: <https://www.tiktok.com/@beatlesefisica>; <https://www.youtube.com/@beatlesefisica> e <https://www.instagram.com/beatlesefisica/>

roteirizar pelo menos 15 vídeos que envolvam as músicas selecionadas e algum tópico de ondulatória; analisar os roteiros e os vídeos a partir dos temas de ondulatória; publicar os vídeos, enviar formulário aos professores de física do ensino médio de Criciúma, apreciar a avaliação dos professores e análise dos dados provenientes das redes sociais.

Para a avaliação dos professores foi enviado um formulário *online* com quatro perguntas, para que os objetivos fossem alcançados, pretendendo que os professores avaliem que o material possa ser utilizado como organizador prévio, ou material potencialmente significativo.

Já a análise dos dados das redes sociais, foi feita a partir dos dados que as próprias redes fornecem, como número de visualizações, percentual assistido, perfil do público, bem como alguns comentários deixados pelos usuários.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Com o objetivo de identificar pesquisas com semelhanças a esta, bem como possíveis lacunas a serem exploradas no presente trabalho, foi feita uma revisão da literatura. Os artigos selecionados são dos últimos dez anos (2013-2023) e a pesquisa foi realizada nos seguintes periódicos: Ciência & Educação (C&E) (A1), Ensaio: pesquisa em educação em ciências (A1), Revista Brasileira em Ensino de Física (RBEF) (A1), Alexandria (A2), Amazônia (A2), Caderno Brasileiro de Ensino de Física (CBEF) (A1), Investigações em Ensino de Ciências (IENCI) (A1), Revista Brasileira de Ensino de Ciência e Tecnologia (RBECT) (A2), Revista Brasileira De Pesquisa Em Educação Em Ciências (RBPEC) (A1), A Física na Escola (FnE) (A3). Todos os *qualis* das revistas foram pesquisados no dia 02 de outubro de 2024<sup>8</sup>. O objetivo era encontrar artigos com os seguintes descritores: *ondas, acústica, música, física e arte, divulgação científica com ondulatória, universo transmidiático, cultura pop*. Cada descritor foi indexado separadamente nos buscadores. Além de artigos que tratassem de algum instrumento musical específico e sua relação com a física.

Inicialmente foram selecionados 55 artigos com base em seus títulos, após análise junto ao orientador a partir das leituras dos resumos, essa base reduziu para 13 artigos que estão dispostos na tabela 1. Uma outra produção acadêmica de fora das revistas utilizadas também foi analisada, já que conversa diretamente com o tema deste trabalho.

Tabela 1 - Síntese quantitativa de artigos encontrados por ano e por revista.

Ano	Nº Artigos	Revista			
		C&E	RBEF	CBEF	FnE
2013	2	1	1	0	0
2014	0	0	0	0	0
2015	3	1	2	0	0
2016	0	0	0	0	0
2017	0	0	0	0	0

---

<sup>8</sup> Disponível em: <https://sucupira-legado.capes.gov.br/sucupira/public/consultas/coleta/veiculoPublicacaoQualis/listaConsultaGeralPeriodicos.jsf> (acesso em 02 de outubro de 2024)

2018	3	0	3	0	0
2019	2	0	1	1	0
2020	1	0	0	1	0
2021	0	0	0	0	0
2022	2	0	0	0	2
2023	0	0	0	0	0

Fonte: do autor (2024)

Note-se que das 10 revistas selecionadas para revisão de literatura, apenas 4 apresentaram artigos com alguns dos descritores mencionados, o que pode indicar uma lacuna a ser preenchida.

Desses 13 artigos selecionados, 4 (Lago, 2015; Zaczéski et al. 2017; Santos, Molina e Tufaile 2013; Fomin, 2018) têm como tema algum instrumento musical, dos quais apenas 1 (Lago, 2015) relaciona um instrumento com o ensino de física; 4 relacionam artes e ensino de física (Wippel e Silveira, 2020; Groto e Martins, 2015; Piassi, 2013; Silva, Reis e Rego, 2019); 3 associam teoria musical à música com enfoque no ensino de física (Cruz e Dantas, 2019; Santos et al., 2017; Souza, Gonçalves e Oliveira, 2015); 2 têm como tema a cultura pop e o ensino de física (Schivani, Souza e Silva, 2022; Cruz et al., 2022).

O trabalho de Lago (2015) abarcou a utilização de uma guitarra elétrica para o ensino de ondulatória no ensino superior, devido principalmente ao formalismo matemático utilizado. Sua produção consiste na utilização do instrumento para estudar os conceitos de timbre, batimento, harmônicos, altura e amplitude sonora, além de relacionar as tensões e densidades de corda com a nota produzida pelo instrumento. Durante a execução o trabalho, Lago utilizou uma guitarra conectada a uma interface de áudio, que se conectava a um computador. Através de um *software* conseguiu visualizar e analisar quantitativamente o som produzido.

Zaczéski et al. (2017) se apropria do violão e discute sua evolução história, desde hipóteses acerca de sua origem, e da evolução do instrumento para se tornar uma guitarra elétrica. O texto abarca fisicamente o funcionamento do violão, a produção de notas, os aspectos da caixa acústica e por fim trata sobre os captadores magnéticos.

Santos, Molina e Tufaile (2013) se propõem a trabalhar com atividades simples que relacionem a prática experimental com as predições teóricas sobre as propriedades físicas das cordas de violão e guitarra. Para isso, utilizaram *softwares* para leitura e análise de sinal. O objetivo principal do trabalho é que as atividades sejam feitas em tempo real em sala de aula. As considerações finais são apenas acerca do experimento feito, e nada indica seu trabalho em sala de aula ou em espaços não formais de ensino.

Já Fomin (2018) discute o arco do violino e faz uma descrição histórica das modificações que ocorreram em sua forma, mostrando como essas mudanças ocorreram em função das demandas musicais de cada período. Traz as propriedades físicas do arco e analisa o movimento do violinista. O trabalho também é teórico, não há menções ao ensino de física.

Wippel e Silveira (2020) e Groto e Martins (2015) introduziram ciência a partir de textos literários. Os primeiros utilizam poesias que tratam sobre algum tema de física para abordá-los com os alunos, por exemplo, usam um poema de Gedeão para debater a dualidade onda-partícula da luz. Groto e Martins (2015) empregam obras de Monteiro Lobato nas aulas de ciências no ensino fundamental. Os autores têm por objetivo debater a natureza da ciência com base nas histórias de Lobato.

Piassi (2013) debate a utilização do filme *2001: uma Odisseia no Espaço* como potencializador no ensino de física. O autor aponta que é comum professores de física da educação básica utilizarem tal filme para introduzir temas científicos em suas aulas, segundo o pesquisador a preferência se dá pelo filme utilizar de maneira fidedigna os conceitos físicos. No artigo são analisados os aspectos de ciência e tecnologia abordados nessa obra cinematográfica.

Schivani, Souza e Silva (2022) abordam a utilização do filme *Passageiros* para abordar tópicos de relatividade restrita em sala de aula. Ao longo do texto os autores levantam questões em que temas de física que aparecem no filme podem ser abordados. São feitas sugestões de como usar as cenas do filme em sala de aula, entretanto, não é indicado no texto se os autores chegaram a trabalhar o tema com alguma turma, seja de ensino médio ou de ensino superior.

Cruz et al. (2022) aborda o super-herói Thor como potencializador para o ensino e divulgação científica em eletromagnetismo. O texto apresenta como os poderes do deus nórdico podem ser interpretados à luz da física. É ressaltada a importância de como um tema de cultura *pop*, como o filme da *Marvel*, pode ser utilizado em ensino

de ciências. Também não há indicativos de trabalho do tema em sala de aula pelos autores.

Cruz e Dantas (2019) analisam a física envolvida na teoria musical. Os autores tratam da representação do som, seja à luz da física ou da música; do tempo; da frequência; da intensidade; da harmonia; da melodia; do ritmo e da pulsação; e do timbre. São traçados paralelos entre as linguagens físicas e musicais acerca dos temas trabalhados.

Santos et al. (2017) faz uma breve biografia do Físico Ernst Florens Friedrich Chladni, e sua contribuição para o campo da acústica para o fenômeno da formação de figuras em placas ressoantes. Ressalta a importância dos estudos e trabalhos do físico na confecção de instrumentos de madeira como violão e violino até hoje.

Souza, Gonçalves e Oliveira (2015) apresentam a análise física de um tema clássico do *West Coast Jazz*, a música *Take Five*. Os autores realizam o trabalho em duas turmas de engenharia acústica. Diversas atividades foram realizadas ao longo de quinze aulas.

O último artigo analisado é o de Silva, Reis e Rego (2019). O trabalho consiste em fazer uma revisão bibliográfica da utilização de artes em geral como potencializadores do ensino de física moderna.

Além das produções das revistas científicas encontrei o Trabalho de Conclusão de Curso de Marques (2019), através da plataforma *google acadêmico*. O texto consiste na relação entre músicas da banda *The Beatles* e ciências. O que difere este trabalho do que fiz, é que Marques utiliza muito mais das letras da banda para apresentar temas de ciência através dela. Já a minha pesquisa foca em estudar as músicas dos *Beatles* a partir da ondulatória. Meu objetivo é analisar as técnicas de gravação e fenômenos físicos que podem ser percebidos nas canções.

### **3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

#### **3.1 A Teoria da Aprendizagem Significativa (TAS) de Ausubel**

Nessa seção apresento a TAS de maneira mais abrangente, entretanto, o que proponho é a utilização de vídeos como possíveis organizadores prévios por professores de física.

De acordo com Moreira (2012), a aprendizagem significativa se caracteriza pela interação entre conhecimentos prévios e conhecimentos novos que ganham significado para o aprendiz, e os conhecimentos prévios adquirem novos significados ou maior estabilidade cognitiva.

Para que ocorra esse tipo de aprendizagem, duas condições são necessárias: o material de aprendizagem deve ser potencialmente significativo, e o estudante deve ter predisposição em aprender (Moreira e Masini, 2009).

A primeira condição traz que o material de aprendizagem deve ter significado lógico, que o sujeito que irá aprender tenha em sua estrutura cognitiva ideias-âncora com as quais esse material possa ser relacionado (Ronca, 1994). O material só pode ser potencialmente significativo e não completamente significativo, pois quem atribui significado àquilo que aprende é o sujeito (Moreira, 2012).

Com isso, os vídeos produzidos podem ser materiais potencialmente significativos, que sejam capazes de relacionar o conhecimento prévio do sujeito em ondulatória a novos temas abordados a partir das músicas apresentadas nos vídeos.

A segunda condição, a da predisposição em aprender, é centrada no sujeito, que não necessariamente precisa gostar ou se entusiasmar em estudar tal tema, mas ele precisa querer aprender e dar significado às novas ideias (Moreira, 2012).

O conhecimento prévio é central na teoria de Ausubel, e ele chamou os conhecimentos prévios especificamente relevantes para a aprendizagem de outros conhecimentos de subsunçores (Moreira, 2012).

Entretanto, quando os subsunçores não são adequados para a aprendizagem significativa de um novo conhecimento, pode-se recorrer aos chamados organizadores-prévios. Esses organizadores podem ser filmes, perguntas, enunciados, aulas, simulações etc. A condição é que preceda o material de aprendizagem e que seja mais abrangente e inclusivo que este (Moreira, 2012).

Quando o estudante não está aclimatado ao material de aprendizagem, é recomendado a utilização de um organizador expositivo, que pode relacionar o que o aluno sabe e o que deveria saber para que o material seja potencialmente significativo. Então, o organizador deve fornecer termos ideacionais que sejam familiares ao aprendiz. Quando o sujeito já está relativamente aclimatado ao novo material, é recomendado o uso do organizador comparativo, que ajudará o aprendiz a construir novos conhecimentos na estrutura cognitiva, e ao mesmo tempo, diferenciá-los de outros conhecimentos que embora parecidos, são diferentes e que podem causar confusão (Moreira, 2012).

Ausubel (2001) traz que a aprendizagem por recepção verbal não é necessariamente passiva, desde que o conhecimento seja apresentado de maneira que possa ser aprendido significativamente. Ou seja, o conhecimento novo a ser aprendido deve ser relacionado de forma não arbitrária e não literal àquilo que o aprendiz já sabe.

A teoria da aprendizagem significativa apresenta alguns princípios de como se dá o processo de aprendizagem e como desenvolver um ambiente propício para que ela ocorra (Lorenzetti, 2021). Os princípios são a diferenciação progressiva, reconciliação integradora e organização sequencial.

A diferenciação progressiva é o processo de atribuição de novos significados a um dado conhecimento (Moreira, 2012). Esses conhecimentos partem de uma região de maior inclusão, para outra de menor, e cada uma delas ligada a um degrau acima de hierarquia, por meio de um processo de subsunção (Ausubel, 2001).

A reconciliação integradora ocorre no mesmo momento da diferenciação progressiva, e consiste em explicitar a semelhança entre os conceitos, bem como eliminar semelhanças aparentes, resolver as inconsistências, integrar e reordenar os significados aprendidos (Ronca, 1994).

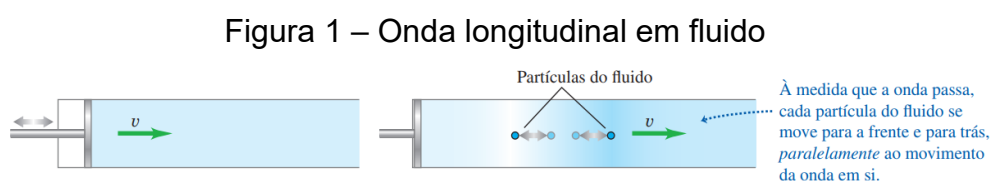
Por fim, a organização sequencial dos conteúdos deve se relacionar com os dois princípios já discutidos. Existe uma sequência de conhecimentos a serem estudados, a compreensão de um determinado tópico muitas vezes está ligada a prévia compreensão de outro (Ausubel, 2001). Geralmente, os conhecimentos anteriores necessários são mais abrangentes e gerais que o material subsequente. É através da ordenação dos tópicos que a aprendizagem se torna importante para o que virá a ser estudado depois (Ausubel, 2001).

## 3.2 Ondas

Nesta seção, apresento brevemente a teoria ondulatória. Os conceitos que serão abordados em cada música estão nas respectivas seções.

De um modo geral, uma onda surge quando um sistema é deslocado de sua posição de equilíbrio e a perturbação se desloca ou se propaga de uma região para outra do sistema, podendo ou não haver um meio material para se propagarem. As ondas mecânicas, como o som, precisam de um meio material, enquanto as eletromagnéticas, como as ondas de rádio, não, e as ondas transportam apenas energia (Young e Freedman, 2016). Vibrações podem produzir sons e para que esse efeito atinja nossos ouvidos, ele necessita de um meio material para transmiti-lo (Nussenzveig, 2002). Neste trabalho, o foco será nas ondas mecânicas.

As ondas mecânicas podem ser longitudinais, isto é, quando a direção de propagação é a mesma de vibração (Young e Freedman, 2016). Na figura 1, há o exemplo de uma onda longitudinal:

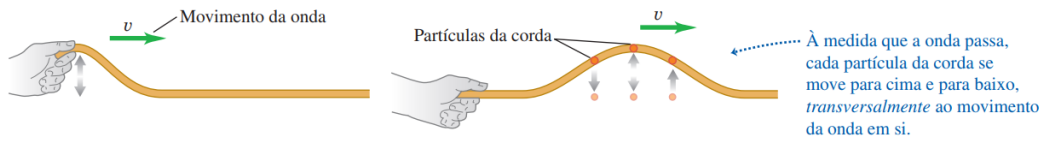


Fonte: (Young e Freedman, 2016)

Na figura 1, há um fluido em um recipiente que possui uma parede rígida na extremidade direita, e um êmbolo móvel na extremidade esquerda. Quando o êmbolo é movimentado periodicamente para frente e para trás, ele provoca uma perturbação de deslocamento e uma flutuação de pressão se propagam ao longo do fluido, resultando em um movimento para frente e para trás das partículas do fluido, que, por sua vez, estão na mesma direção de propagação da onda (Young e Freedman, 2016).

Outra configuração de onda mecânica, são as ondas transversais. Elas ocorrem quando a direção de propagação e de vibração são perpendiculares entre si, conforme figura 2 (Halliday, Resnick e Walker, 2014).

Figura 2 – Onda transversal em uma corda

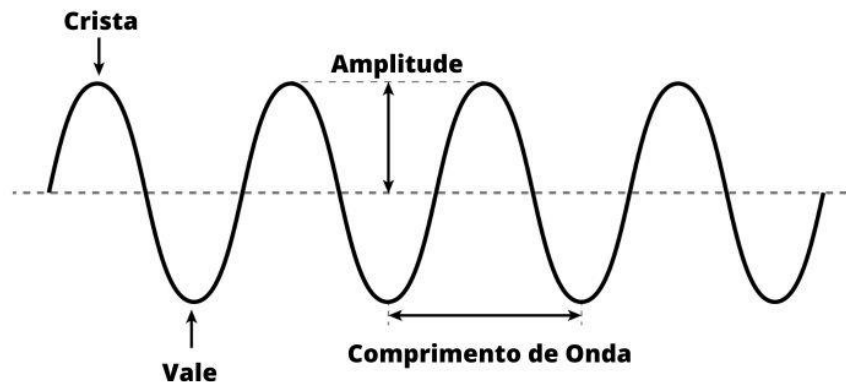


Fonte: (Young e Freedman, 2016)

Quando uma extremidade de uma corda é sacudida, por exemplo, um pulso se propaga ao longo da corda. O pulso é formado porque a corda está sob tração. Quando a ponta da corda é puxada para cima, a ponta puxa para cima a parte vizinha da corda por causa da tração que existe entre as duas partes. Quando a parte vizinha se move para cima, ela puxa para cima a parte seguinte da corda e assim por diante. Enquanto isso, a corda também é puxada para baixo, o que faz com que as partes da corda que estão se deslocando para cima sejam puxadas de volta para baixo pelas partes vizinhas, que já se encontram em movimento descendente. Portanto, o deslocamento dos elementos da corda é perpendicular à direção de propagação da onda (Halliday, Resnick e Walker, 2014).

As ondas podem ser representadas graficamente por uma curva senoidal, conforme a figura 3 a seguir:

Figura 3 – Representação gráfica de uma onda.



Fonte: Melo (2024)

Na figura, nota-se algumas propriedades das ondas, como a amplitude ( $A$ ) que é a distância entre o ponto médio e máximo de uma onda. O comprimento de onda ( $\lambda$ ), que é a distância entre duas cristas, dois vales, ou o tamanho de uma oscilação completa.

Outras duas características das ondas são o período ( $T$ ), que representa a duração de uma oscilação completa, e a frequência ( $f$ ) que é o número de oscilações realizadas por unidade de tempo. Já a velocidade de propagação uma onda ( $v$ ) depende do meio em que ela estiver se propagando.

As grandezas de velocidade, comprimento de onda e frequência se relacionam através da equação 1:

$$v = \lambda \cdot f$$

Como a velocidade depende apenas do meio de propagação da onda, ao aumentar a frequência de oscilação, o comprimento de onda diminui, ou seja, são grandezas inversamente proporcionais (Gaspar, 2013).

Já a velocidade de propagação de uma onda em uma corda pode ser dada pela equação 2:

$$v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Em que ( $F$ ) é força de tração na corda, e ( $\mu$ ) é a densidade linear da corda.

Tanto Halliday, Resnick e Walker (2014) quanto Young (2016) trazem que o som pode ser definido como uma onda longitudinal que se propaga em um meio. Os seres humanos ouvem sons entre 20 Hz e 20 kHz, o que é conhecido como intervalo audível. Os sons de frequências menores que 20 Hz são conhecidos como infrassons e os com acima de 20 kHz de ultrassom. (Young e Freedman, 2016).

As ondas sonoras geralmente se propagam em todas as direções a partir da fonte, com amplitudes que dependem da direção e da distância entre o ouvinte e a fonte (Young e Freedman, 2016).

### 3.3 Breve teoria musical

Para situar melhor o leitor, nessa seção trato brevemente de alguns conceitos musicais que serão abordados na seção 3.5.

### 3.3.1 Notas musicais

Todos os sons musicais que os seres humanos podem escutar e utilizar para fazer música estão entre 27,5 Hz e 7040 Hz, e se dividem em 97 sons (Grillo e Perez, 2013). O intervalo musical é a distância entre um som e outro, e ele é razão entre as frequências. Entretanto, esses intervalos recebem os nomes das notas musicais: dó, ré, mi, fá, sol, lá e si, em que cada nota em cada oitava é relacionada a alguma frequência, conforme quadro 2 (Grillo e Perez, 2013). Cada intervalo de nota possui uma outra nota entre elas, por exemplo entre o Fá e o Sol, há o Fá sustenido, só não há sustenidos de Mi e Si.

As notas e os acordes também podem ser representados por letras maiúsculas: C = dó; D = Ré; E = Mi; F = Fá; G = Sol; A = Lá e B = Si (Guest, 2005).

Portanto ao montar a escala, que é o conjunto de notas, percebe-se as seguintes notas: A; A#; B; C; C#; D; D#; E; F; F#; G e G# (Guest, 2005).

Tabela 2 – Notas e suas frequências em duas oitavas

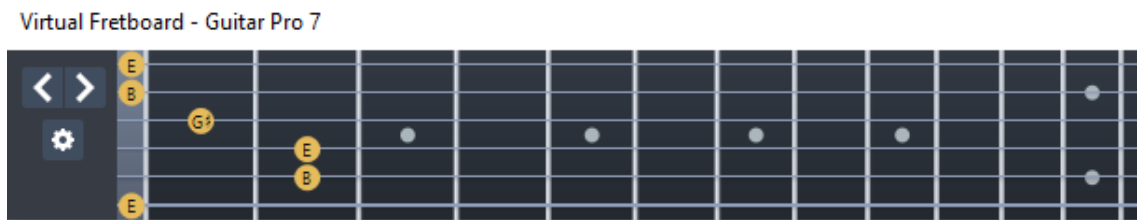
Nota	Frequência	Nota	Frequência
Dó <sub>1</sub>	65,4 Hz	Dó <sub>2</sub>	130,8 Hz
Ré <sub>1</sub>	73,4 Hz	Ré <sub>2</sub>	146,8 Hz
Mi <sub>1</sub>	82,4 Hz	Mi <sub>2</sub>	164,8 Hz
Fá <sub>1</sub>	87,3 Hz	Fá <sub>2</sub>	174,6 Hz
Sol <sub>1</sub>	98,0 Hz	Sol <sub>2</sub>	196,0 Hz
Lá <sub>1</sub>	110,0 Hz	Lá <sub>2</sub>	220,0 Hz
Si <sub>1</sub>	123,5 Hz	Si <sub>2</sub>	246,9 Hz

Fonte: Grillo e Perez (2013)

### 3.3.1 Acordes

Três ou mais combinações de notas separadas por terças (três semitons) que são tocadas simultaneamente formam acordes. Cada semitom é a distância entre uma nota e a sua mais próxima, por exemplo o C# (dó sustenido) está um semitom acima do C (dó) (Guest, 2005). Os acordes maiores, por exemplo, são compostos da tônica, ou nota fundamental, sua terça e sua quinta justa, que é uma nota que está três semitons acima da terça. Por exemplo, na figura 4 há formação do acorde de mi maior (E) no *software guitar Pro 7*.

Figura 4 – Acorde de Mi maior



Fonte: do autor (2024)

Como o acorde é o E sua nota fundamental, aquela dá nome ao acorde, é o E, então, sua terça é o G#. Relembrando a seção anterior, basta contar três notas entre uma e outra para se chegar a terça. Por exemplo, saindo de E, passa por Fá, F# e G, que são o intervalo de três semitons até se chegar ao G#. A próxima nota do acorde está três semitons acima da nota anterior, portanto, saindo de G# e passando por A e A# e chega-se a sua terça que é B.

### 3.4 *The Beatles*, uma breve biografia

Para contextualizar a banda escolhida no trabalho, foi feita uma breve biografia, a ordem de apresentação dos membros se dará conforme a entrada de cada um no grupo.

Em 1957 em Liverpool, Inglaterra, John Lennon (1940 - 1980), cria uma banda de *Skiffle* com seus colegas de escola e a chama de *The Quarrymen*, em referência a escola em que estudavam: *Quarry Bank High School* (Lewisohn, 2022).

No dia 6 de Julho do mesmo ano Paul McCartney (1942 - atualmente) vê o grupo se apresentando numa festa local (figura 5), e através de um amigo em comum, conhece John Lennon e entra para o grupo (Lewisohn, 2022).

Figura 5 – *The Quarrymen* em 1957, com John Lennon no vocal.



Fonte: Lewisohn (2022).

Pouco tempo depois, Paul apresenta George Harrison (1943 - 2001) à Lennon e aos 14 anos Harrison entra para o grupo que agora tinha três violonistas (*The Beatles*, 2021). Na figura 6, temos três *Beatles* em 1958.

Figura 6 – Paul McCartney, John Lennon e George Harrison



Fonte: Lewisohn (2022).

Entre o final da década de 50 e início dos 60, a banda passa por algumas mudanças de formação e de nome, passando a se chamar de *The Beatles*. Deixa de ser um conjunto de *Skiffle* e se torna uma banda de *Rock'n'roll*. (*The Beatles*, 2021).

Em 1960, já com Stuart Sutcliffe (1940 - 1962) no baixo e Pete Best (1941 - atualmente) na bateria, o grupo começa a se destacar em *Liverpool*, e é contratado como residente de um bar em Hamburgo, na Alemanha (The Beatles, 2021). Na figura 7, vemos Stuart e Pete Best na companhia dos outros membros.

Figura 7 – Pete Best de preto ao centro e “Stu” de óculos escuros.



Fonte: Lewisohn (2022).

Em 1961 “Stu”, como era chamado, sai da banda para se dedicar às artes visuais e para ficar com sua então namorada Astrid Kirchherr (1938 - 2020) em Hamburgo, entretanto, ele falece aos 22 anos vítima de um aneurisma (Lewisohn, 2022). Após a saída de Sutcliffe, Paul assume o baixo.

Já em 1962, logo antes da gravação do primeiro single do grupo, Pete Best, é substituído por Richard Starkey (1940 - atualmente), mais conhecido como Ringo Starr (The Beatles, 2021). Na figura 8, temos Ringo Starr junto aos outros membros.

Figura 8 – Ringo é o terceiro da esquerda para a direita.



Fonte: Ahmed (2023)<sup>9</sup>

---

<sup>9</sup> Disponível em: <https://www.bbc.com/news/entertainment-arts-65167799>

A partir de 1963 a banda começa a lançar seus álbuns, foram treze entre 1963 e 1970. A banda é conhecida por ter três fases: entre 1963 e 1965 é a chamada *Beatlemania*, 1966 e 1967 representam a fase psicodélica e 1968-1969 é fase final. Em 1966 o grupo decide parar de fazer shows e se concentra somente em produzir músicas de estúdio, o que resulta em maior complexidade e trabalho em suas canções (The Beatles, 2021).

Na figura 9 estão todos os discos lançados pelos *Beatles* em ordem cronológica.

Figura 9 – Discografia dos *Beatles*



Fonte: The Beatles (2024)<sup>10</sup>

Em sequência de lançamento são: *Please Please Me* (1963), *With The Beatles* (1963), *A Hard Day's Night* (1964), *Beatles for Sale* (1964), *Help!* (1965), *Rubber Soul* (1965), *Revolver* (1966), *Sargeant Pepper's Lonely Hearts Club Band* (1967), *Magical Mystery Tour* (1967), *The Beatles* (1967), *Yellow Submarine* (1969), *Abbey Road* (1969) e *Let it Be* (1970).

Após a gravação do *Abbey Road* e em virtude de divergências artísticas e pessoais, John Lennon deixa a banda em setembro de 1969, o que resulta no fim do grupo, entretanto, nenhum anúncio público foi feito. E como ainda havia material gravado a ser lançado, o álbum *Let it Be* gravado em janeiro de 1969 é lançado em maio de 1970.

<sup>10</sup> Disponível em: <https://www.thebeatles.com/albums>

No início de 1970 todos os ex-beatles, menos John Lennon, voltam em algum momento ao estúdio para finalizarem as gravações do *Let it Be*. Como a banda era legalmente uma sociedade, o término dela, não representava que os membros ainda não tivessem obrigações legais uns com os outros.

Em abril de 1970 Paul McCartney dá uma entrevista ao jornal *Daily Mirror* para promover o que viria a ser seu primeiro álbum solo: *McCartney I*, em que fala que não faz mais parte dos *Beatles*, e que não pretende voltar a gravar com seus ex-colegas. A figura 10 traz a capa do jornal.

Figura 10 – Capa de Jornal em que Paul McCartney anunciava o fim dos Beatles



Fonte: Página The Beatles Bible<sup>11</sup>

Ainda em 1970, Paul entra com um processo no Supremo Tribunal de Justiça de Londres contra seus ex-colegas de banda a fim de a dissolver legalmente os *Beatles*. No ano seguinte a corte decide em favor de McCartney, e os *Beatles* estavam finalmente separados. Este episódio, é retratado no livro *A Batalha Pela Alma dos Beatles* de Peter Dogget.

Então, a partir de 1970 todos entram em carreira solo. Nessa década John Lennon mostra seu lado mais politicamente engajado, lançando músicas de cunho político como *Imagine*, *Working Class Hero*, *Sunday Bloody Sunday*, *Give Peace a*

<sup>11</sup> Disponível em: <https://www.beatlesbible.com/1970/04/10/paul-mccartney-announces-the-beatles-split/> Acesso em 25 nov. 24

*Chance, Power to the People, Woman is the Nigger of the World*, entre outras. Lança sete álbuns de estúdio, dos quais dois são em conjunto com sua esposa Yoko Ono. No dia 08 de dezembro de 1980, é assassinado com quatro tiros a queima roupa em frente ao prédio em que morava, em Nova Iorque. Suas músicas mais ouvidas no *Spotify* são *Imagine* e *Happy Xmas (War is over)* com mais de 500 milhões de audições cada<sup>12</sup>.

Paul McCartney segue em carreira solo até os dias atuais, porém entre 1971 e 1981 esteve com a banda *Wings*. A banda acaba após Paul ser preso no Japão por porte de maconha<sup>13</sup>. “Macca” como é conhecido, lançou mais de 30 álbuns solo, dos quais sete são com os *Wings* e com sua primeira esposa: Linda Eastman. É criador, junto de suas filhas, do projeto de defesa aos direitos dos animais *Meat Free Monday*, figura 11, em que incentiva as pessoas a não comerem carne por pelo menos um dia na semana.

Figura 11 – Mary, Paul e Stella McCartney em divulgação do projeto *Meat Free Monday*



Fonte: Página <https://meatfreemondays.com/about/>

Acesso em 24 de nov. 2024

Paul também é ativista da causa LGBTQIA+, ao final dos *shows* o artista volta ao palco com a bandeira do arco-íris (figura 12), símbolo da comunidade LGBT.

---

<sup>12</sup>Disponível em:

<https://open.spotify.com/artist/4x1nvY2FN8jxqAFA0DA02H?si=gQ0TmYfjRcCldfkSbz1dXQ> Acesso em 25 nov. 24

<sup>13</sup> Disponível em: <https://rollingstone.com.br/noticia/o-dia-em-que-paul-mccartney-foi-presno-no-japao-por-posse-de-drogas-flashback/>

Figura 12 – Paul McCartney durante concerto no Uruguai em 2024.



Fonte: rede social de Paul McCartney (2024)<sup>14</sup>

Suas músicas mais ouvidas no *Spotify* são *Band on the Run* e *Wonderful Christmastime* com mais 300 milhões de audições cada<sup>15</sup>.

George Harrison lançou nove álbuns solo de 1970 até 1987. Um dos momentos mais lembrados de sua carreira foi o *Concert for Bangladesh* em 1971, que foi um show beneficente para vítimas de um ciclone. A apresentação contou com Harrison, Ringo Starr, Bob Dylan, Eric Clapton, entre outros.

No dia 30 de dezembro de 1999, Harrison teve sua casa invadida durante a madrugada, e o artista foi esfaqueado cerca de 40 vezes, o agressor só parou após Olivia Harrison, esposa de George, agredir o invasor com um abajur e deixá-lo inconsciente.<sup>16</sup>

Em 29 de novembro de 2001 George Harrison faleceu vítima de um câncer no pulmão<sup>17</sup>. Suas músicas mais ouvidas no *Spotify* são *My Sweet Lord* e *Got My Mind Set on You*, com mais 300 milhões de reproduções cada.<sup>18</sup>

---

<sup>14</sup> Disponível em: [https://www.instagram.com/p/DAm46f7sgEL/?img\\_index=1](https://www.instagram.com/p/DAm46f7sgEL/?img_index=1) Acesso em 24 nov. 24

<sup>15</sup> Disponível em:

<https://open.spotify.com/artist/4STHEaNw4mPZ2tzheohgXB?si=DUIXmOY1QA2BiBHXmnD4Aw>  
Acesso em 24 nov. 24

<sup>16</sup> Disponível em: <https://rollingstone.com.br/noticia/o-dia-em-que-george-harrison-sobreviveu-apos-ser-esfaqueado-multiplas-vezes-flashback/>

<sup>17</sup> Disponível em: <https://www1.folha.uol.com.br/folha/ilustrada/ult90u19431.shtml>

<sup>18</sup> Disponível em:

[https://open.spotify.com/artist/7FIoB5PHdrMZVC3q2HE5MS?si=9u7zc\\_p8RqKxudm6jfsBDA](https://open.spotify.com/artist/7FIoB5PHdrMZVC3q2HE5MS?si=9u7zc_p8RqKxudm6jfsBDA) Acesso em 24 nov. 24

Ringo Starr continua até os dias atuais com o lançamento de *Extended Plays* e alguns concertos esporádicos. Após o fim dos *Beatles* teve grandes problemas com bebidas alcoólicas, passando por clínicas de reabilitação. O artista superou o vício no final da década de 1980.<sup>19</sup>

Ringo lançou mais 15 álbuns desde 1970, suas músicas mais ouvidas no *Spotify* são *It don't Come Easy* e *Photograph* com mais de 30 milhões de reproduções cada<sup>20</sup>, ambas são do disco *Ringo* de 1973.

Em suas redes sociais (figura 13), Starr mostra seu lado ativista defendendo a paz mundial.

Figura 13 – Foto da rede social de Ringo Starr



Fonte: rede social de Ringo Starr (2024)<sup>21</sup>

Após o fim dos *Beatles* os quatro nunca mais estiveram juntos no mesmo local.<sup>22</sup>

---

<sup>19</sup> Disponível em: <https://rollingstone.com.br/noticia/ringo-starr-so-superou-o-alcoolismo-quando-voltou-aos-palcos-com-all-star-band/>

<sup>20</sup> Disponível em: <https://open.spotify.com/artist/6DbJi8AcN5ANdvtJcwBSw8?si=93xKxsn0QhuJAtbx4hXABA> Acesso em 24 nov. 24

<sup>21</sup> Disponível em: <https://www.instagram.com/p/C7XDxPDJt9w/> Acesso em 24 nov. 24

<sup>22</sup> Disponível em: <https://rollingstone.com.br/noticia/o-fim-dos-beatles-como-caprichos-e-raiva-destruiram-maior-banda-de-todos-os-tempos/> Acesso em 24 nov. 24.

Para um conhecimento mais detalhado acerca da história dos *Beatles*, sugiro ao leitor os livros *Tune in* de Mark Lewisohn, *The Beatles* de Hunter Davies, além dos documentários *Get Back* e *Anthology*.

### 3.5 *The Beatles* e física

Nesta seção as músicas serão abordadas e os conceitos a serem ilustrados a partir delas. Para ajudar ao leitor, deixo um link para o *Spotify* e *YouTube* com as músicas utilizadas nesse projeto<sup>23</sup>.

#### 3.5.1 Because e Nowhere Man

Nos dias 21 e 22 de outubro de 1965, os *Beatles* gravaram sua primeira música que não falava de amor: *Nowhere Man*, de autoria de John Lennon. A canção trata de questões filosóficas, como afirmou o próprio John: "... pensei em mim como o homem de lugar nenhum, sentando nessa terra de lugar nenhum." (Turner, 2015).

*Because* foi gravada nos dias 1, 4 e 5 de agosto de 1969, também de autoria de Lennon. A música começa com a Sonata ao Luar de Ludwig Beethoven, sendo tocada ao contrário, e com algumas adições ao piano (Lewisohn, 2021).

As duas músicas são cantadas em coro por John, Paul e George, sendo que em *Nowhere Man* é só na introdução e *Because* é na música toda. Na primeira, as linhas vocais são duplicadas e na segunda, são triplicadas, causando um efeito de seis e nove vozes, respectivamente (Emerick, 2013; Lewisohn, 2021).

As adições dessas linhas causam interferência construtiva nas linhas vocais de cada um. Quando duas ondas se encontram elas não se chocam, mas sim se superpõem (Gaspar, 2013). Essa superposição pode causar padrões de interferência, que podem ser destrutivas ou construtivas. Quando uma crista de uma onda se superpõe à crista de outra onda, há a interferência construtiva, ou seja, elas se somam e resultam numa amplitude maior. Já quando uma crista de uma onda encontra um

---

<sup>23</sup> Disponível em:

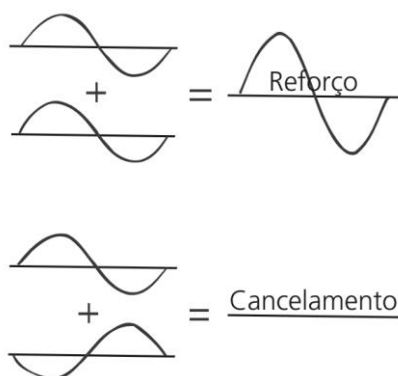
<https://open.spotify.com/playlist/5Lp84saNm5jJUUNBodkCek?si=289c435505bb4625>

[https://youtube.com/playlist?list=PLixnWD-](https://youtube.com/playlist?list=PLixnWD-yzhr0RYmvMKCtVmfXO_FBDkmvB&si=OdaCF8nmTQJYEL-I)

[yzhr0RYmvMKCtVmfXO\\_FBDkmvB&si=OdaCF8nmTQJYEL-I](https://youtube.com/playlist?list=PLixnWD-yzhr0RYmvMKCtVmfXO_FBDkmvB&si=OdaCF8nmTQJYEL-I)

vale de outra onda, há a interferência destrutiva, com isso seus efeitos são reduzidos (Hewitt, 2012). Na figura 14, há uma representação gráfica das interferências.

Figura 14 – Interferências construtivas e destrutivas.



Fonte: Hewitt, 2012.

### 3.5.2 Back in the U.S.S.R.

A primeira música do álbum branco é *Back in the U.S.S.R.* A canção foi escrita por Paul McCartney, e era uma mistura e “versão soviética”, de duas músicas: *Back in the USA* de Chuck Berry, e *California Girls* dos *Beach Boys*. A que foi lançada pelos *Beatles* fala sobre um espião soviético que se diz feliz por voltar à sua terra natal, a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas. Mas as referências não param na letra. A levada bem *Rock’n’roll* característica de Berry é notadamente percebida, assim como as vocalizações no estilo do grupo americano (Turner, 2015).

Para simular a viagem de avião do personagem da música, é possível ouvir um avião passando de um lado para o outro nos alto-falantes, simulando o efeito *Doppler*. Isso foi possível, pois foi o primeiro álbum que banda teve interesse real na mixagem em estéreo<sup>24</sup> (Lewisohn, 2021).

O efeito *Doppler* é percebido quando uma fonte sonora está em movimento em relação a um observador, a frequência percebida pelo observador é diferente da emitida pela fonte. Quando a fonte e o observador se aproximam, a frequência percebida é maior do que a real, ou seja, ouvimos sons mais agudos do que de fato

---

<sup>24</sup> O som estéreo ou estereofônico é criado e reproduzido usando dois ou mais canais de áudio independentes.

está sendo emitido. E quando a fonte e o observador se afastam, a frequência percebida é menor do que a real, caracterizando um som mais grave.

No cotidiano é comum percebermos esse efeito quando estamos parados na beira de uma estrada e os carros passam a nossa frente, percebemos sons diferentes quando se aproximam e se afastam.

### 3.5.3 A Day in the Life

A música que encerra o *Sargeant Pepper's Lonely Hearts Club Band*, une duas composições, uma de John e outra de Paul, e segundo Turner (2015), é a faixa mais ambiciosa do álbum.

A música abre com John cantando sobre um acidente de carro, que segundo Lennon era o de Tara Browne, depois fala sobre sua participação no filme *How I won the War*. Após o verso provocativo, vem a transição de vinte-quatro compassos com acordes com notas erradas e “marteladas” no piano, além da transição que deveria ser, segundo Paul “*realmente tumultuada na música, que acertasse a pessoa bem entre os ouvidos e a deixasse ofegante com o susto.*” Então vem a composição de Paul, com outra transição tumultuada de volta ao John, que repete a parte inicial e a música termina com forte acorde de mi sendo tocado por três pianos (Emerick, 2013; Martin, 2017; Turner, 2015).

E como nessa canção há algumas peculiaridades, haverá quatro conceitos físicos a serem trabalhados com ela.

O que será analisado primeiramente, será o vocal cheio de “eco” de John Lennon. Segundo o produtor dos *Beatles* George Martin, o atraso colocado no vocal foi de 90 ms e para fazer isso, foi feito o seguinte:

Quando a voz passa pela cabeça de gravação, obviamente é gravada. A cabeça de reprodução fica depois da cabeça de gravação, de modo que se ouve a voz depois. Nos velhos tempos, costumávamos fazer eco daquela forma: tirar a voz da cabeça de reprodução e passá-la várias vezes na cabeça de gravação (atualmente isso é feito com o delay digital). Geoff Emerick relata que para conseguir aquele eco passou o vocal de John por um gravador mono<sup>25</sup>, pegando a saída – já que as cabeças de gravação e de reprodução, numa máquina mono, eram separadas – e repassando-a tantas vezes quantas foram necessárias para conseguir um som de voz meio tremido. (Martin, 2015, P.88 e 89)

---

<sup>25</sup> O som mono ou monofônico é criado e reproduzido utilizando somente um canal de áudio.

O eco é percepção distinta do mesmo som emitido e refletido. A orelha humana só consegue distinguir dois sons quando o intervalo entre eles for de no mínimo 0,1 s, o eco também só é percebido dentro dessa condição (Gaspar, 2013). Como o atraso foi de 90 ms, que são 0,09 s não há eco na voz de John, e sim reverberação artificial. Quando o som sofre múltiplas reflexões e persiste depois que a fonte deixou de emitir, acontece a reverberação (Hewitt, 2012).

Agora será abordada a transição “tumultuada” de 24 compassos, que começa por volta de 1 min e 40 s da música. Nela ouvimos um piano sendo tocado de maneira nada usual, além de uma meia orquestra, com 45 pessoas (Emerick, 2013).

A ideia inicial era que os músicos da orquestra tocassem notas aleatórias em seus instrumentos, mas essa ideia mudou. Geoff Emerick, então engenheiro dos *Beatles* escreve sobre a gravação da orquestra em seu livro *Here, There and Everywhere*.

No dia de gravar a orquestra, um evento foi feito com bebidas, comidas e alguns convidados, como os *Rolling Stones*. À medida que os músicos contratados chegavam recebiam óculos engraçados, patas de gorila ou narizes falsos para “entrar no clima”, conforme figura 15 (Emerick, 2013).

Figura 15 – Gravação de A Day In The Life



Fonte: The Beatles (2015)

Na gravação o produtor George Martin e Paul McCartney conversaram com o líder da orquestra sobre o que eles deveriam fazer “*Tudo o que quero que você faça é alguma improvisação de forma livre*” disse Paul. “*E nem é uma forma completamente livre. Eu estarei regendo, e há uma espécie de partitura. Mas precisamos que cada músico toque por si, sem escutar aqueles à sua volta. É absolutamente fundamental*

*que cada músico percorra a escala, subindo da nota mais baixa até a mais alta no próprio ritmo, não tocando juntos como em uma orquestra.”* Concluiu Martin.

O que o produtor pediu era que tocassem da nota mais grave à nota mais aguda em seus instrumentos. A altura do som está relacionada a frequência, quanto mais alta a frequência mais agudo é o som, e por consequência, quanto mais baixa é a frequência, mais grave é o som. Cada músico também começa tocando mais suavemente, e com o tempo as notas são tocadas com mais força. Além da frequência ir aumentando, a amplitude do som também aumenta.

Outro ponto a ser ressaltado, é que nessa seção fizeram com que os alto-falantes do estúdio retornassem o som levemente atrasado, o que fez com que os microfones gravassem além dos instrumentos e do próprio *reverb* do ambiente, gravassem também o som que saia das caixas de som (Emerick, 2013).

No final da música há o estrondoso acorde de mi maior. A inspiração para ele veio de Paul, que queria um acorde que durasse “para sempre”. Para isso, foram tocados quatro pianos simultaneamente e mais três gravações foram feitas para preencher ainda mais o som. Para que o som durasse ainda mais tempo, o engenheiro Emerick ia aumentando gradativamente os volumes de captação dos microfones do estúdio, a ponto de que ficasse audível uma tábua rangendo no estúdio (Emerick, 2013).

Todas essas técnicas utilizadas fizeram com que houvesse maior *sustain*, que é a duração de um som, o que causou isso foi o aumento da amplitude sonora no acorde. Como durante a gravação, o engenheiro sugeriu que nas outras tomadas tivesse um pequeno atraso ao tocarem os pianos, também é percebido o fenômeno de batimento.

Os batimentos ocorrem quando duas ondas de frequências parecidas se encontram, causando a superposição delas, esse fenômeno é percebido como a sensação de ouvir um som cuja amplitude varia com o tempo, aumentando e diminuindo sucessivamente (Lago, 2015).

Por fim, ainda mais no final da faixa há um ruído de aproximadamente 15 kHz, ainda na faixa do audível (20 Hz à 20 kHz), mas que no vinil não era possível perceber, pois os ruídos dos toca-discos atrapalhavam a audição de uma frequência tão alta. A ideia de John Lennon, era que quando uma pessoa estivesse ouvindo o disco e que tivesse um cachorro por perto, algo chamaria a atenção do animal e a pessoa não saberia o que (Emerick, 2013).

### 3.5.4 Paperback Writer

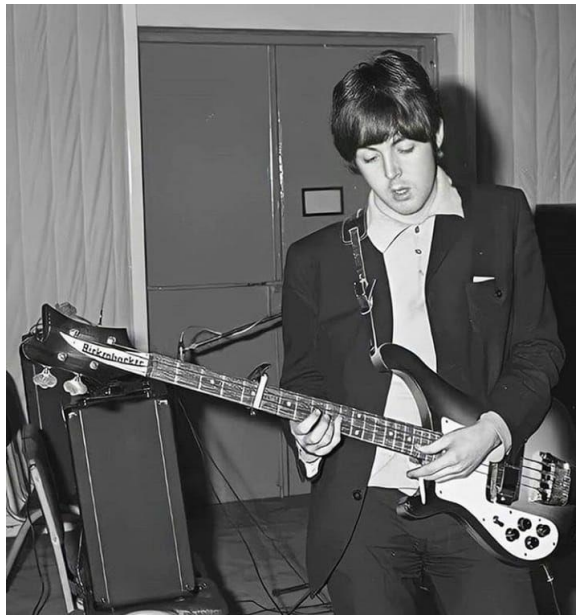
Em 1966 os *Beatles* estavam a mudar drasticamente seu estilo, o álbum anterior, de 1965 *Rubber Soul*, tinha músicas que não falavam de amor, bem como influências de músicas gregas, francesas, hispânicas e indianas, no ano seguinte o grupo quis dar um passo a frente rumo a inovação (Wonfor, 1995).

Uma das músicas que marca esse novo rumo na carreira da banda é *Paperback Writer*, lançada como single antes do álbum *Revolver* em 1966. A canção foi escrita por Paul McCartney e fala sobre querer ser um escritor de livros de bolso.

Uma das inovações da música foi o novo som baixo ouvido, muito diferente das gravações anteriores. Paul pediu ao engenheiro de som que seu baixo soasse de maneira profunda como o dos discos americanos (Emerick, 2013).

Além de McCartney ter trocado o baixo *Hofner*, pelo *Rickenbacker* (figura 16), o Geoff Emerick pensou em utilizar caixas de som para “microfonar” o instrumento (Emerick, 2013).

Figura 16 – Paul McCartney com o baixo *Rickenbacker*



Fonte: Acervo de Mark Harrison no Pinterest<sup>26</sup>

---

<sup>26</sup> Disponível em: <https://ca.pinterest.com/pin/556546466455923141/>

A ideia de Emerick era que tanto os microfones quanto as caixas de som são capazes de transformar sinal elétrico em sonoro e vice-versa. O próprio em seu livro escreve sobre a inovação:

[...] enquanto os rapazes ensaiavam com George Martin, Ken e eu fizemos algumas experiências. Para minha alegria, a ideia de usar um alto-falante como microfone pareceu funcionar muito bem. Mesmo que não emitisse muito sinal e estivesse um pouco abafado, eu fui capaz de conseguir um bom som de baixo, colocando-o contra a grade de um amplificador de baixo, alto-falante contra alto-falante e, em seguida, fazendo o roteamento do sinal através de uma complicada instalação de compressores e filtros – incluindo a enorme unidade experimental que eu secretamente havia pegado emprestado do escritório do Sr. Cook, o gerente do departamento de manutenção. (Emerick, 2013. P. 265)

Ao fazer isso foi possível que frequências mais baixas fossem captadas, garantindo também um som mais robusto, o que era justamente o esperado.

Ao final do refrão é possível ouvir um “eco vibrante” que foi feito ao colocar os vocais em uma máquina de dois canais, separada, e, em seguida, conectar a saída dessa máquina em sua entrada. No final de cada refrão, o volume da gravação foi lentamente sendo aumentado até que ela chegasse ao ponto de realimentar (Emerick, 2013).

Na versão remixada de 2022, o “eco” no final de cada é diferente, pois não foi possível recriar digitalmente esse efeito.

### 3.5.5 *Rain*

O lado B do single de *Paperback Writer* foi gravada de maneira semelhante ao lado A. A canção de autoria de John Lennon parecia ser somente sobre pessoas reclamando da chuva, mas como ele mesmo falou era a defesa de uma nova consciência, de um estado de espírito no qual os eventos externos já não o afetavam mais. Essa abertura de consciência estava diretamente relacionada ao uso de drogas psicodélicas (Turner, 2015).

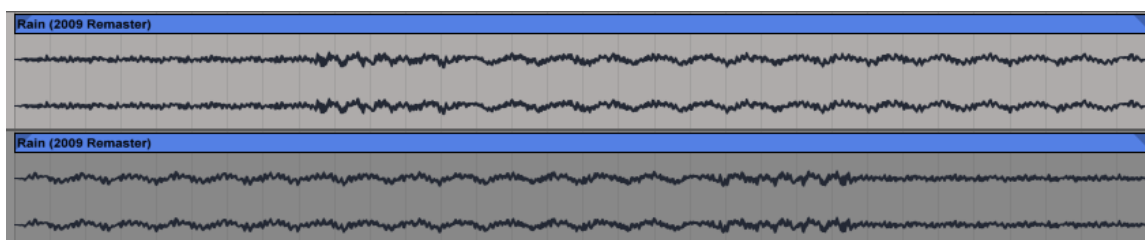
Na música aparecem dois efeitos, um deles é a desaceleração da *backing track*, ou seja, a frequência dela foi diminuída, fazendo com que a música ficasse ligeiramente mais grave e com sensação de “arrastamento” (Emerick, 2013).

Mas no final, a partir dos 2 min e 30 s há um verso bem estranho, isso porque a fita naquele momento foi colocada ao contrário. A ideia de fazer isso foi de Lennon. Quando ele foi para a casa após os ensaios, sem querer acabou colocando a fita para

tocar ao contrário no seu aparelho de som, ele gostou do efeito e quis colocar na música (Turner, 2015).

Nesse caso a onda sonora foi revertida, o que era no começo do som passou para o final, e vice-versa, conforme figura 17.

Figura 17 – Inversão de trecho de *Rain*



Fonte: do autor (2024).

É perceptível essa reversão na figura, no quadrado superior o sinal correspondente está normal, e no de baixo há a reversão através do *software* Ableton.

### 3.5.6 *Strawberry Fields Forever*

A música composta por John Lennon foi gravada durante as sessões do *Sgt. Pepper's* mas lançada anteriormente como single. A letra foi inspirada nas lembranças de Lennon a brincar no jardim de "*Strawberry Field*", um orfanato do Exército da Salvação próximo de onde ele morava. A letra remonta a infância, mas com um toque bem fantasioso e psicodélico. Assim como todo o álbum essa música levou muito tempo para ser gravada e ficar pronta (Turner, 2015).

Quando Lennon ouvia as fitas da primeira versão da música, pediu a Geoff Emerick que a deixasse "mais pesada", mas não sabia direito o que era. Com o passar das gravações a música ficou de lado, até que o grupo pensou em refazê-la, criando assim uma nova versão (Emerick, 2013).

Porém, John Lennon não ficou totalmente satisfeito, gostaria que se juntasse o início da primeira versão, com o restante da segunda, conforme relata Emerick em *Here, There and Everywhere*:

"Então o que eu gostaria que o nosso jovem Geoffrey aqui fizesse é juntar as duas gravações." Disse John.

George Martin deixou escapar um grande suspiro. "John, nós ficaríamos felizes em fazer isso", disse ele, o sarcasmo evidente em sua voz. "A única

coisa que nos impede é o fato de que as duas versões foram gravadas em tons diferentes e em andamentos diferentes.”

John parecia perplexo; eu não tenho certeza se ele havia mesmo entendido por que aquilo representava um problema.

“Você pode fazer isso”, ele disse, simplesmente. Com isso, ele se virou e saiu pela porta.

“O que você acha, Geoff?”, me perguntou um George desanimado depois que John foi embora. Minha resposta foi evasiva.

“Eu não tenho certeza, eu acho que tudo o que podemos fazer é tentar.”

Felizmente, como George Martin disse muitas vezes nos anos seguintes, os deuses sorriram para nós. Mesmo que os dois takes que John queria unir tivessem sido gravados com uma semana de intervalo entre eles e fossem radicalmente diferentes, os tons não eram tão distantes – a diferença era de apenas um semitom – e os andamentos estavam bem próximos. Depois de algumas tentativas e alguns erros, descobri que, ao acelerar a reprodução do primeiro take e ao diminuir a reprodução do segundo, eu poderia fazê-los coincidir tanto em tom quanto em andamento.

Em seguida, eu tinha de encontrar um ponto de edição adequado, um que não fosse óbvio. A ideia, afinal de contas, era fazer com que os ouvintes pensassem que estavam ouvindo uma performance completa. O ponto que eu escolhi era quase aos sessenta segundos da canção, no início do segundo refrão, com a palavra “going” (“Let me take you down / ‘Cause I’m going to...”). Agora era uma questão de descobrir exatamente quando alterar as velocidades da reprodução. George e eu decidimos fazer com que a segunda metade tocasse o tempo todo na velocidade mais lenta; isso deu à voz de John uma qualidade rouca, grossa, que parecia complementar a letra psicodélica e a instrumentação que acontecia. As coisas foram um pouco mais complicadas com a primeira parte, que começava com um andamento perfeito e conciso e nós não queríamos acelerá-lo até o fim. Felizmente, os gravadores de fita da EMI eram equipados com controles *varispeed* muito precisos. Praticando um pouco, eu consegui aumentar gradualmente a velocidade do primeiro take e levá-lo até o ponto certo em que sabíamos que a edição seria feita. A mudança ficou tão sutil ao ponto de ser praticamente imperceptível.

Havia ainda um último obstáculo a superar. Descobri que eu não poderia cortar a fita em um ângulo de quarenta e cinco graus normal, porque o som simplesmente quase pulava – afinal, eu estava unindo duas performances totalmente diferentes. Como resultado, eu tive de fazer o corte em um ângulo muito raso para que ele fosse mais um fade do que uma emenda. Demorou muitas horas para que tudo funcionasse perfeitamente, mas nós nos sentimos recompensados em gastar todo aquele tempo, porque “Strawberry fields forever” seria uma gravação que serviria como referência. (Emerick, 2013. p. 319 - 322)

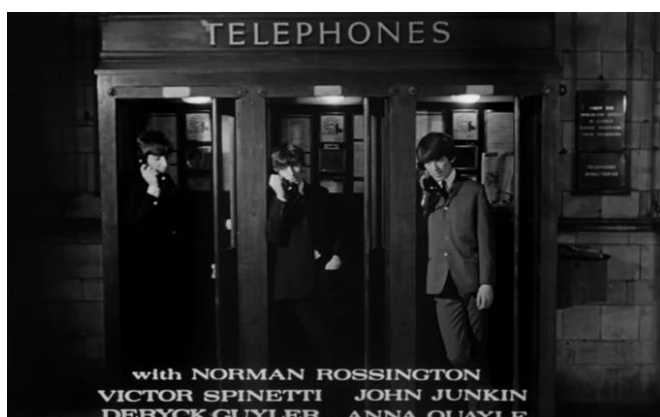
Conforme já apresentado na seção anterior, quando uma faixa é acelerada, sua frequência é aumentada, tornando o som mais agudo, e quando desacelerada o processo inverso ocorre. E é isso que acontece na música, a parte acelerada fica ligeiramente mais aguda, pois o aumento de frequência foi baixo e gradual, já a desaceleração é notadamente percebida, em comparação com o *take* original, disponível na versão de luxo do Sgt. Pepper’s.

### 3.5.7 *A Hard Day's Night*, *In My Life* e *When I'm 64*

Em todas essas três músicas foram utilizadas essa artimanha de acelerar uma faixa ou trecho.

*A Hard Day's Night* é a canção que abre o álbum de mesmo nome, e lançado em 1964, no auge da *Beatlemania*, a fim de promover o filme (figura 18) que também possui esse nome (Turner, 2015). No Brasil, o filme foi chamado de os Reis do iê, iê, iê.

Figura 18 – Cena do filme *A Hard Day's Night*



Fonte: *A Hard Day's Night* (1964)

George Harrison estava com dificuldades de executar o solo de guitarra com perfeição, então George Martin, sugeriu que o guitarrista tocasse uma oitava abaixo e a meia velocidade, a fim de que as notas soassem mais claras. Depois da gravação bastou colocar o solo na frequência da música (Heinzerling, 2021).

A mesma coisa foi feita com o solo de piano de *In My Life*, do álbum *Rubber Soul*.

Isso dá certo, pois duas notas distantes de uma oitava justa, como por exemplo,  $dó_2$  e  $dó_3$ . Nesse caso a nota mais aguda ( $dó_3$ ) apresentará uma frequência igual ao dobro da frequência da nota mais grave ( $dó_2$ ) (Grillo e Perez, 2016).

Já em *When I'm 64*, do álbum *Sgt. Pepper's*, a faixa inteira foi acelerada, fazendo-a subir um semitom.

O intuito nessa canção criada por Paul McCartney era fazer com que sua voz parecesse de uma pessoa mais jovem, como se fosse um adolescente cantando. O compositor pensava nela como uma música dos anos 20 e 30, e a fez com seu pai em mente, que havia sido músico naquela época. Uma coincidência é que Paul a

escreveu quando seu pai tinha por volta de 55 anos, mas ela foi lançada justamente quando ele tinha 64. A letra é como uma carta de um jovem a uma pretendente querendo saber se ela ainda o amará quando ele for "velho" e tiver 64 anos.

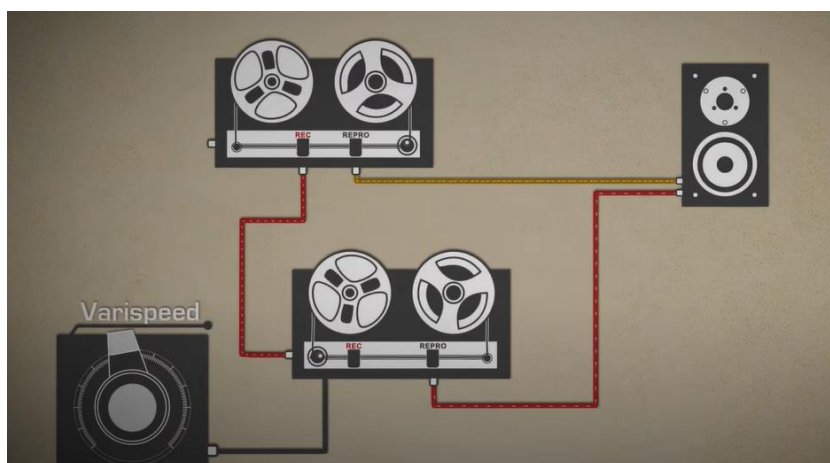
Como cada oitava é dividida em 12 vezes em uma escala logarítmica (Grillo e Perez, 2016), cada semitom é  $2^{1/12}$  vezes maior que o anterior, convertendo para decimal, a música foi acelerada cerca de 6%.

### 3.5.8 *Blue Jay Way* e *Lucy in the Sky with Diamonds*

As duas faixas utilizam dos efeitos de *Artificial Double Tracking* (ADT) e “*flange*”. A máquina de ADT foi desenvolvida por Ken Thowsend, e o próprio explica o funcionamento dela no canal do *YouTube Waves Audio*<sup>27</sup>.

O ADT (figura 19) funcionava da seguinte maneira: a saída de um gravador era ligada na entrada de outro, que este era conectado a um controle de velocidade, conhecido como *Varispeed*, e as saídas de cada um eram conectadas a uma caixa de som de dois canais, o que produzia uma pequena diferença de fase, o que dava a sensação de que houvesse um pequeno atraso em dos sinais, algo parecido com um *delay*.

Figura 19 - ADT



Fonte: Waves Audio (2014)

---

<sup>27</sup> Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=TgnSVdjfSwk> Acesso em 24 nov. 24

O *flanging* era feito a partir da máquina de ADT, porém ao invés de variarem a velocidade de reprodução com o controle, faziam isso ou acelerando a fita de reprodução ou desacelerando a fita de gravação manualmente.

*Blue Jay Way* teve sua velocidade diminuída a partir do uso do ADT, causando um efeito de “arrastamento” além de deixar a faixa mais grave. A composição de George Harrison foi lançada no *Extended Play* (E.P.) *Magical Mystery Tour*, um compacto repleto de psicodelia. Apesar de muito de especular sobre a letra da canção, ela é bem simples. George tinha ido a Califórnia visitar o ex-assessor de imprensa dos *Beatles*, chegando lá se hospedou em uma casa alugada na rua *Blue Jay Way*. Derek Taylor, o ex-assessor, deveria visitá-lo, mas se perdeu no caminho e atrasou bastante. Durante o tempo de espera, Harrison compôs a canção falando sobre isso num órgão *Hammond* que havia na casa. Apesar dos simbolismos serem algo comum nas músicas psicodélicas, nessa não havia nada disso (Turner, 2015).

*Lucy in the Sky with Diamonds* conta com os mesmos efeitos, e a ideia desejada nessa faixa era criar um ambiente fantasioso e psicodélico, conforme a letra da música composta por John Lennon sugere (Turner, 2015).

Uma polêmica que envolve a faixa, é que ela teria sido feita em alusão a droga LSD, já que as iniciais da música coincidem com a da droga, porém como o próprio Lennon comentou ao longo de sua vida, a letra era sobre um desenho que seu filho Julian tinha feito de uma colega de escola (figura 20), e o chamou de *Lucy in the Sky with Diamonds* (Turner, 2015).

Figura 20 – Desenho de Julian Lennon



Fonte: Turner (2015)

### 3.5.9 *Blackbird*

A décima primeira faixa do *The Beatles* é *Blackbird*, composta por Paul McCartney, e é interpretada apenas por ele, que canta e toca violão na música (figura 20). A letra é sobre as tensões raciais nos Estados Unidos, como McCartney traz em seu livro:

Quando eu compus “Blackbird”, em 1968, eu tinha plena consciência das graves tensões raciais nos Estados Unidos. No ano anterior, 1967, os ânimos se acirraram, mas em 1968 a coisa piorou. A canção foi composta semanas após o assassinato de Martin Luther King. (McCartney e Muldoon, 2017 p.124)

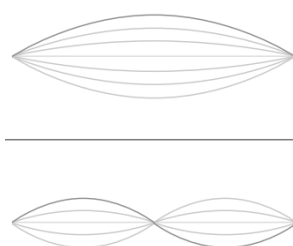
Figura 20 – Paul McCartney tocando *Blackbird*



Fonte: McCartney e Muldoon (2024)

O objetivo nessa seção é demonstrar como funciona a corda de um violão. Quando uma corda presa em uma ou duas extremidades, é posta a vibrar acontecem superposições provenientes de dois pulsos estarem se propagando em sentidos opostos (Gaspar, 2013). Essa onda produzida é chamada de onda estacionária. Na figura 21 há a representação de duas dessas ondas.

Figura 21 – Ondas estacionárias



Fonte: Gaspar, 2013

As regiões onde há interferência construtiva são chamadas de ventre, já na que ocorre interferência destrutiva, é chamada de nó. O número de ventres corresponde ao número do harmônico dessa onda, e a relação entre o comprimento de onda ( $\lambda$ ), o número do harmônico ( $n$ ) e o comprimento da corda que vibra ( $L$ ) é dado pela equação 3:

$$\lambda = 2 \cdot \frac{L}{n}$$

Ao substituir o comprimento de onda da equação 3, na equação 1, a velocidade da equação 2, na equação 1, e isolando a frequência, temos a equação 4:

$$f = \frac{n}{2L} \cdot \sqrt{\frac{F}{\mu}}$$

Com isso podemos relacionar diretamente a frequência produzida por uma corda, com as outras grandezas. Por exemplo, se a corda estiver mais tensionada, o som será mais agudo, o mesmo ocorre se a corda tiver densidade menor. Outro ponto é que a medida que o violonista avança nas casas do violão o som fica mais agudo também.

Em *Blackbird*, McCartney conduziu a melodia no violão de modo que utilizava as cordas de cima, que são revestidas de aço, portanto mais densas, para produzir os baixos dos acordes, a medida que ia diminuindo o comprimento da corda que era posta a vibrar, de modo a produzir um som mais agudo.

#### 3.5.10 *The Night Before*

A segunda música do álbum *Help!* foi *The Night Before*, composta por Paul McCartney, poderia ser sobre seu relacionamento na época, ou uma situação inventada (Turner, 2015).

Segundo Lennon, McCartney e Harrison tocaram a mesma coisa no solo de guitarra, porém um tocou uma oitava acima do outro (Turner, 2015). Como já mencionado, uma nota que está uma oitava abaixo da outra, possui metade da frequência da nota mais alta, e nessa música esse efeito fica bem nítido. Atualmente existem pedais analógicos, pedaleiras digitais além de efeitos em *softwares* de mixagem capazes de produzir tal efeito, entretanto, na época não havia, por isso tiveram que tocar duas guitarras.

### 3.5.11 *Tomorrow Never Knows*

A música que fecha o disco *Revolver* é *Tomorrow Never Knows*, mas ironicamente, foi a primeira a ser gravada para o álbum, e é de autoria de John Lennon (Lewisohn, 2021).

Inspirado pelo Livro Tibetano dos Mortos John compôs parte dos versos da música, outra fonte foi a utilização de LSD, Lennon tentou criar uma canção que retratasse a experiência com a droga, e a mostrou para seus colegas de banda tocando somente o acorde de dó (Turner, 2015).

A ideia era que a faixa fosse uma espécie de mantra, por isso há um somente um acorde, e as linhas de baixo, bateria e guitarra se repetem durante a música toda, até por isso John falou a George Martin: “... e eu quero que a minha voz soe como o canto do Dalai Lama do alto de uma montanha, a quilômetros de distância...” (Emerick, 2013).

O engenheiro relata como conseguiu materializar o desejo de Lennon:

Mas talvez houvesse um amplificador que pudesse funcionar, embora ninguém jamais tivesse passado a voz por ele. O órgão Hammond do estúdio estava ligado a um sistema chamado Leslie – uma grande caixa de madeira que continha um amplificador e dois conjuntos de retornos, um que continha frequências bem graves e outro que continha frequências bem agudas; era o efeito desses alto-falantes girando o grande responsável pelo som característico do órgão Hammond. Na minha mente, eu quase podia ouvir como ficaria a voz de John se estivesse saindo de um Leslie. Seria preciso um pouco de tempo para configurar, mas eu achei que poderia dar a John o que ele estava procurando (Emerick, 2013, P. 25).

A voz passada pelo gravador Leslie (figura 22) aparece na segunda metade da música. O que o engenheiro escreveu que fica girando são os dois alto-falantes pretos localizados na parte superior da figura, bem a parte preta no inferior da figura, que faz com que as reflexões de onda sejam variáveis.

Figura 22 – Alto-falante *Leslie*



Fonte: Albano (2019)<sup>28</sup>

Uma outra inovação, e dessa vez sem ninguém ter previamente solicitado, foi a maneira que Geoff encontrou para gravar a bateria. A fim de deixar o som mais encorpado, o engenheiro aproximou os microfones de captação ao instrumento, além de colocar um suéter que abafasse o som dentro do bumbo, com o microfone praticamente colado à peça, o que provocou o distinto som da bateria de Ringo Starr presente neste álbum (Emerick, 2013).

Ao fazer isso, o engenheiro conseguiu captar um leque maior de frequências, além de obter uma amplitude maior, ambos os fenômenos causam essa sensação de preenchimento.

Ainda na ideia do mantra, vários *loops* caseiros feitos por Paul McCartney foram adicionados, desde som de taças de vinho tilintando, gaivotas, e outros sons indecifráveis. George Harrison também adicionou seu *loop*, mas o gravou no estúdio, tocando uma Tambura (Emerick, 2013).

Adicionado aos *loops* que apareciam e sumiam na música, um solo de guitarra invertido foi posto na música.

---

<sup>28</sup> Disponível em: <https://ask.audio/articles/understanding-the-leslie-effect>

### 3.5.12 *Yer Blues* e *Helter Skelter*

Essas duas músicas estão no álbum *The Beatles*, mais conhecido como *White Album*, ou álbum branco. *Yer Blues* é John Lennon, enquanto *Helter Skelter* é de Paul McCartney (Lewisohn, 2021). As duas podem ser encaradas como das mais pesadas do grupo.

A primeira é encarada com uma canção desesperada de John, pois sua carreira com os *Beatles* no palco havia acabado, seu empresário estava morto, e seu casamento com Cynthia ia mal (Turner, 2015).

A gravação de *Yer Blues* ocorreu, a pedido de John, em uma pequena sala anexa ao estúdio 2 que servia de depósito. Não havia tratamento acústico nenhum na sala, e como ela era muito pequena, os amplificadores foram colocados voltados para a parede com os microfones entre a parede e eles (Winn, 2009).

A linha vocal da música foi adicionada depois (Lewisohn, 2021), mesmo assim é possível ouvir alguém cantando ao fundo da música. Era John fazendo uma linha de guia de vocal sem letra e que devido ao ambiente apertado, a voz vele acabou sendo capturada pelos microfones dos outros instrumentos.

O tamanho do ambiente, e a falta de tratamento acústico fez com que houvesse múltiplas reflexões dos sons emitidos, e essas reflexões também foram captadas, o que deixou o som ouvido muito mais “embolado”, a mistura de sons nessa faixa é muito maior que em outras.

Para compor *Helter Skelter*, a motivação surgiu quando Paul leu uma resenha sobre a música *I Can See for Miles* do *The Who*, que dizia que aquela era a música “mais barulhenta, suja e era quase como uma força perturbadora...”, após a leitura, o baixista foi ouvir a canção e logo pensou que os *Beatles* poderiam fazer uma tão barulhenta quanto (Turner, 2015).

Para isso, a banda foi ao estúdio, com os ganhos de guitarra no máximo a fim de causar uma distorção maior, e a bateria foi tocada com muita força por Ringo. Após alguns dias a música estava finalizada (Winn, 2009).

O que deixa *Yer Blues* mais “perturbada” ao ouvir do que *Helter Skelter*, é justamente o local em cada uma gravada, enquanto uma foi na sala em anexo ao estúdio sem tratamento acústico, a segunda foi em um estúdio, ou seja, não havia as múltiplas reflexões que “perturbavam” o som.

### 3.5.13 *For You Blue*

Durante as sessões do *Get Back* que veio a ser *Let it Be*, George Harrison compôs *For You Blue*. George queria uma música "das antigas" onde nada era muito profissional e que o piano de cauda tocado por Paul McCartney soasse como um antigo "*HonkyTonk*", espécie de piano de músicas *Country* americanas. A solução encontrada pelos produtores da banda foi colocar folhas de jornais nas cordas da cauda do piano (figura 23), impedindo que elas vibrassem da maneira de costume, não soando nada como um piano de cauda (The Beatles, 2021).

Figura 23 – O piano com folhas de jornal



Fonte: *Let it Be* (1970)

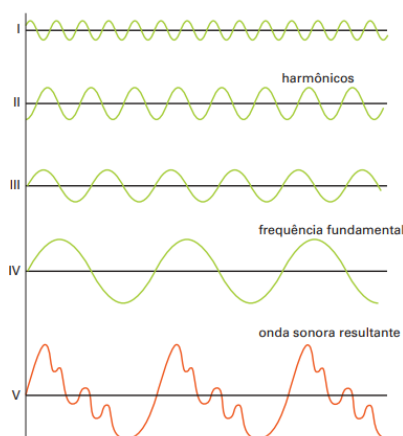
### 3.5.14 *Hey Bulldog* e *Now and Then*

A música *Hey Bulldog* foi composta por John Lennon e fez parte do filme *Yellow Submarine* de 1969. A letra inicialmente era sobre um sapo-boi (*bullfrog*), porém Paul começou a latir durante as gravações e a banda decidiu mudar para *Bulldog* (Turner, 2015).

Logo no começo da música há um *riff* de piano e depois de duas repetições, entra uma guitarra fazendo o mesmo *riff*, tocando exatamente a mesma coisa, as mesmas notas, nas mesmas oitavas, ou seja, com as mesmas frequências. Mas é possível diferenciar o que é cada uma por conta do timbre.

O timbre está associado à superposição de ondas estacionárias que se estabelecem nos elementos vibrantes de um instrumento. Quando uma corda de um instrumento vibra, formam-se nela diferentes configurações de ondas estacionárias (figura 24) (I, II, III e IV) que se superpõem gerando a onda resultante (V), timbre característico desse instrumento. (Gaspar, 2017)

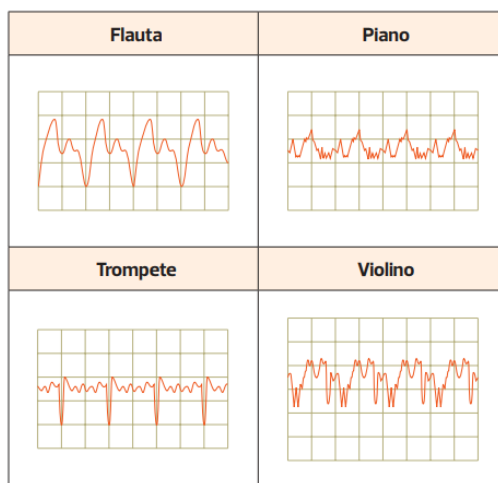
Figura 24 – Características do timbre.



Fonte: Gaspar (2017)

Na figura 25, há a visão do timbre de 4 instrumentos musicais e todos emitindo a nota dó em 262 Hz, todos os sinais possuem a mesma frequência e o mesmo comprimento de onda, apesar de serem ondas com padrões diferentes, e nosso ouvido capta justamente essa diferença (Gaspar, 2017; Nussenzveig, 2002).

Figura 25 – Timbres de flauta, piano, trompete e violino.



Fonte: Gaspar (2017)

*Now and Then* também de autoria de Lennon, foi lançada em 2023, com a alcunha de última música dos *Beatles* (The Beatles, 2023). John a compôs por volta de 1977 em seu apartamento, mas ela nunca fora lançada. Os *Beatles* que estavam vivos nos anos 90 (George, Paul e Ringo) chegaram a trabalhar nela para lançá-la no projeto *Anthology*, todavia isso não ocorreu por conta da qualidade da gravação (The Beatles, 2023).

Em 2023 Paul McCartney anunciou que os *Beatles* lançariam sua última música, e que havia a participação dos quatro membros nela. Nesse momento várias notícias sugerindo o uso de Inteligência Artificial (I.A.) para recriação das vozes de Lennon foram divulgadas<sup>29</sup>. Entretanto, conforme mostra o minidocumentário lançado no canal oficial da banda, a IA, foi usada para separar a linha de vocal da linha de piano da gravação original, além da remoção de ruídos (The Beatles, 2023).

O que o *software* deve ter reconhecido é o padrão de timbres, e através deles distinguir o que era piano e o que era o vocal de Lennon e fazer a separação.

---

<sup>29</sup> Verificar em: <https://exame.com/inteligencia-artificial/como-os-beatles-lancaram-uma-nova-musica-com-ajuda-da-inteligencia-artificial-ouca/>

<https://www.cartacapital.com.br/mundo/beatles-lancam-ultima-musica-com-ajuda-da-inteligencia-artificial/>

<https://www.poder360.com.br/poder-internacional/internacional/beatles-lancam-musica-final-com-voz-de-lennon-e-uso-de-ia/>

<https://www.cnnbrasil.com.br/entretenimento/paul-mccartney-explica-como-ia-esta-sendo-usada-em-nova-musica-dos-beatles/>

<https://www.techtudo.com.br/noticias/2023/11/beatles-feat-ia-nova-musica-da-banda-usa-inteligencia-artificial-entenda-edsoftwares.ghtml>

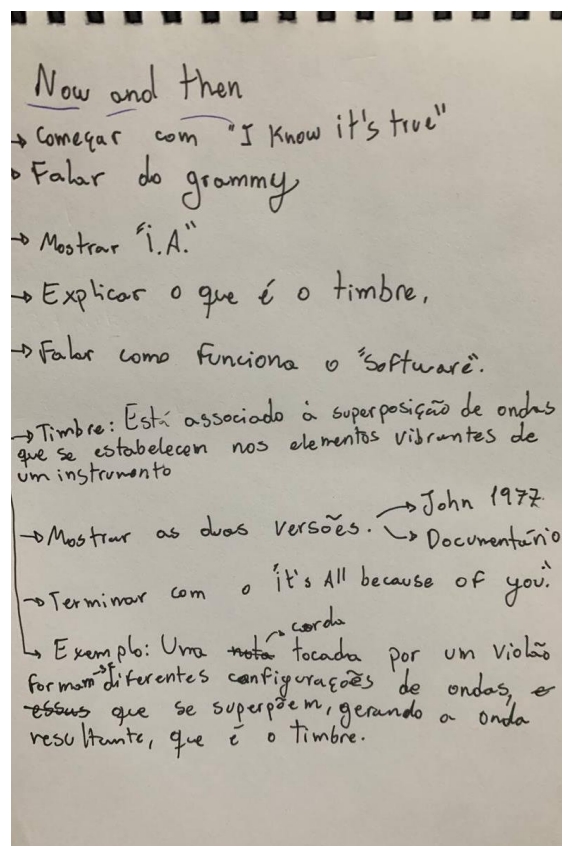
<https://forbes.com.br/forbes-tech/2023/11/universal-music-lanca-musica-nova-dos-beatles-feita-com-ia-e-voz-de-lennon/>

## 4 METODOLOGIA

A metodologia utilizada envolveu sete etapas: (i) Roteirizar 15 vídeos que relacionam músicas dos *The Beatles* à ondulatória, a quantidade mudou para 20 vídeos, pois alguns foram divididos em mais de uma parte; (ii) Gravar os vídeos; (iii) Editar os vídeos; (iv) Publicação dos vídeos nas redes sociais; (v) Envio de um formulário aos professores de física de Criciúma para análise dos vídeos; (vi) Apreciação das avaliações dos professores; (vii) Análise quantitativa a partir das métricas disponibilizadas pelas redes sociais.

Na etapa (i) os roteiros foram feitos a partir da seção 3.4 deste trabalho, as seções específicas de cada música e sua relação com a física eram lidas antes das gravações de seus respectivos vídeos, entretanto, devido a proposta de serem vídeos curtos, algumas músicas aparecem em mais de um vídeo, em contrapartida, há vídeos com mais de uma canção em estudo. Na figura 25 há um dos roteiros.

Figura 25 – Roteiro de *Now and Then*



Fonte: do autor (2024)

As gravações dos vídeos (ii), foram realizadas na minha residência e os seguintes materiais foram utilizados: microfone, *pop filter*, suporte para microfone, placa de áudio, *notebook*, tecido verde para o fundo, *ring-light*, suporte para celular, celular, cabos, um banco, um violão, e alguns objetos de minha coleção pessoal. Na figura 26 há a organização do ambiente de gravação.

Figura 26 – Ambiente de gravação dos vídeos.



Fonte: do autor (2024)

Os vídeos não foram gravados todos de em um mesmo dia, na tabela 3 há a sequência de gravação deles.

Tabela 3 – Ordem de gravação dos vídeos

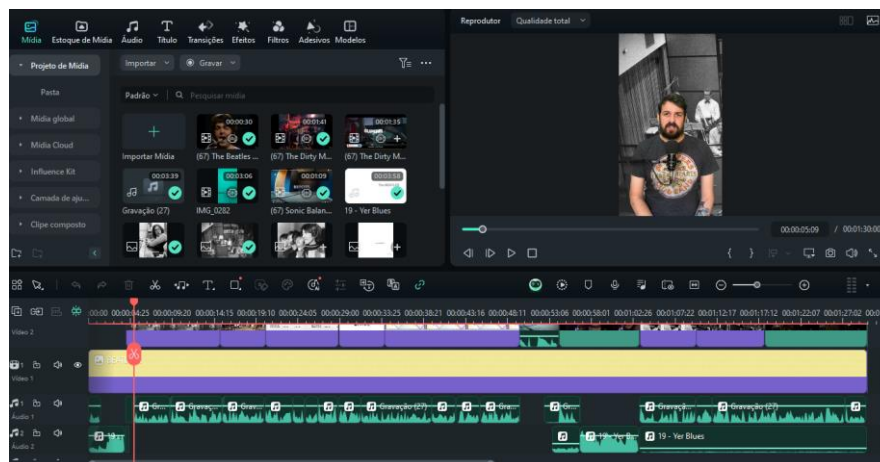
Título	Data
Strawberry Fields Forever	02/10/2024
Back in the USSR	02/10/2024
Yer Blues	07/10/2024
Nowhere Man e Because	09/10/2024
Rain	09/10/2024
Helter Skelter	18/10/2024
The Night Before	18/10/2024
Paperback Writer – Parte I	18/10/2024
Paperback Writer – Parte II	18/10/2024
Tomorrow Never Knows – Parte I	21/10/2024
Tomorrow Never Knows – Parte II	23/10/2024
In My Life, A Hard Day's Night e	28/10/2024

When I'm 64	
Blue Jay Way e Lucy in the Sky with Diamonds	30/10/2024
For You Blue	01/11/2024
A Day in the Life – Parte I	04/11/2024
A Day in the Life – Parte II	06/11/2024
A Day in the Life – Parte III	08/11/2024
Now and Then	11/11/2024
Hey Bulldog	13/11/2024
Blackbird	22/11/2024

Fonte: do autor (2024)

A etapa (iii) ocorreu conforme os vídeos foram gravados, na maioria das vezes os materiais foram editados na mesma data da gravação e depois receberam alguns retoques na data ou na véspera da publicação. Para editar os vídeos o *software* utilizado foi o *Wondershare Filmora 14*. Na figura 27 há a tela de edição.

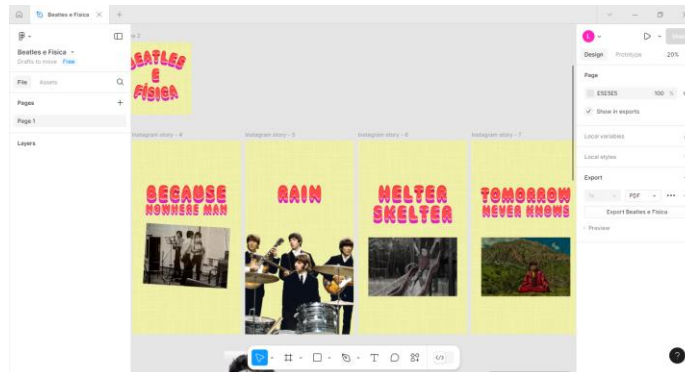
Figura 27 – Tela de edição do vídeo de *Yer Blues*



Fonte: do autor (2024)

Após a edição do vídeo, as capas deles foram feitas no *software Figma*. A figura 28 mostra a interface do programa.

Figura 28 – Interface do *Figma*



Fonte: do autor (2024)

A etapa (iv) ocorreu de maneira gradativa, assim como as anteriores. Os vídeos foram publicados no *YouTube*, *Instagram* e *TikTok*. Os materiais chegavam as plataformas nos mesmos dias, porém em horários diferentes, com os vídeos chegando ao *TikTok* e *Instagram* nos finais de tarde, e no *YouTube* sempre às 18 h. Foram feitas três publicações por semana, conforme cronograma apresentado na tabela 3.

Tabela 4 – Cronograma de publicação dos vídeos

Título	Tema	Data
Strawberry Fields Forever	Alteração de frequência e junção	07/10/2024
Back in the USSR	Efeito <i>Doppler</i>	09/10/2024
Yer Blues	Reverberação	11/10/2024
Nowhere Man e Because	Interferência construtiva	14/10/2024
Rain	Inversão e diminuição de velocidade	16/10/2024
Helter Skelter	Distorção	18/10/2024
Tomorrow Never Knows – Parte I	Alto-falante <i>Leslie</i>	21/10/2024
The Night Before	Oitavas	23/10/2024
Tomorrow Never Knows – Parte II	Gravação de bateria	25/10/2024
In My Life, A Hard Day's Night e When I'm 64	Aumento de frequência	28/10/2024
Blue Jay Way e Lucy in the Sky with Diamonds	" <i>Flanging</i> " e A.D.T.	30/10/2024
For You Blue	Folhas no piano	01/11/2024
A Day in the Life – Parte I	Frequência e amplitude	04/11/2024
A Day in the Life – Parte II	Eco e Reverberação	06/11/2024
A Day in the Life – Parte III	Batimentos e espectro audível	08/11/2024
Now and Then	Timbre e I.A.	11/11/2024
Hey Bulldog	Timbre	13/11/2024

Paperback Writer – Parte I	Gravação do baixo	18/11/2024
Paperback Writer – Parte II	“Eco vibrante”	20/11/2024
Blackbird	Equação do violão	22/11/2024

Fonte: do autor (2024)

Para a realização da etapa (v) no dia 04/11 foram enviados e-mails para todas as escolas de ensino médio de Criciúma, que de acordo com o Censo de 2023 do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), são 26, com um formulário a ser respondido pelos professores de física acerca do material produzido. Mesmo que todos os vídeos ainda não tinham sido publicados havia material para ser analisado pelos profissionais. As apreciações, etapa (vi) foram feitas a partir do dia 29/11, o que deu aos professores cerca de um mês para responderem o formulário. Na tabela 4 há as escolas que foram contatadas.

Tabela 5 – Escolas contatadas para resposta ao formulário

Escola	Esfera	E-mail
Colégio Rogacionista	Particular	criciuma@rcj.org
CE Marista Irmão Walmir	Particular	maristacri@colegiosmaristas.com.br
CEDUP Abílio Paulo	Estadual	cedupcriciuma@sed.sc.gov.br
Colégio Fleming Criciúma	Particular	contato@flemingmedicina.com.br
Colégio Leme	Particular	contato@colegioleme.com.br
Colégio Madre Teresa Michel	Particular	michel@colegiomichel.com.br
Colégio Marista Criciúma	Particular	maristacri@colegiosmaristas.com.br
Colégio São Bento	Particular	secretaria@colegiosaobento.net
Colégio SATC	Particular	adriana.schmidt@satc.edu.br
Colégio UNESC	Particular	gianmarangoni@unesc.net
Colégio Universitário de Criciúma	Particular	universitario@universitariocriciuma.com.br
E.E.B Antônio Milanez Netto	Estadual	eebamneto@sed.sc.gov.br
E.E.B Coronel Marcos Rovaris	Estadual	eebcmrovaris@sed.sc.gov.br
E.E.B Engenheiro Sebastião Toledo dos Santos	Estadual	eebsts@sed.sc.gov.br
E.E.B Governador Heriberto Hulse	Estadual	eebgovhulse@sed.sc.gov.br
E.E.B Humberto de Campos	Estadual	eebhcampos@sed.sc.gov.br
E.E.B Irmã Edviges	Estadual	eebedviges@sed.sc.gov.br
E.E.B João Dagostim	Estadual	eebjoaodagostim@sed.sc.gov.br

E.E.B João Frassetto	Estadual	eebjoaofrassetto@sed.sc.gov.br
E.E.B Joaquim Ramos	Estadual	eebjramos@sed.sc.gov.br
E.E.B Padre Miguel Giacca	Estadual	eebpmggiacca@sed.sc.gov.br
E.E.B Professor Pedro da Ré	Estadual	eebpedrodare@sed.sc.gov.br
Escola Adventista de Criciúma	Particular	secretaria.cac@adventistas.org
Escola do SESI	Particular	camila.b.rosso@sesisc.org.br
Instituto Federal de Santa Catarina – Câmpus Criciúma	Federal	ensino.criciuma@ifsc.edu.br

Fonte: do autor (2024)

As apreciações se deram através de uma pesquisa qualitativa a partir das respostas dos professores aos formulários. As perguntas feitas foram as seguintes:

#### Quadro 1 – Pergunta 1 do formulário

<p>1- Quantos vídeos você assistiu?  (a) 1 a 3 (b) 4 a 6 (c) 7 a 9 (d) 10 ou mais</p>
---

Fonte: do autor (2024)

#### Quadro 2 – Pergunta 2 do formulário

<p>2- De acordo com Moreira, o material potencialmente significativo é aquele capaz de dialogar, de maneira apropriada e relevante, com o conhecimento prévio do estudante. Para você os vídeos podem ser materiais potencialmente significativos?  (a) Sim (b) Não  Há algo que você queira acrescentar sobre a resposta da pergunta anterior?</p>
---

Fonte: do autor (2024)

#### Quadro 3 – Pergunta 4 do formulário

<p>3- O Organizador Prévio é um recurso instrucional apresentado em um nível mais alto de abstração, generalidade e inclusividade em relação ao material de aprendizagem; é um material introdutório, apresentado antes do que será estudado, não é um sumário, que geralmente está no mesmo nível de abstração, generalidade e abrangência, apresentando apenas certos aspectos do assunto a ser aprendido. Esses organizadores podem ser textos introdutórios, imagens, filmes, simulações etc.; as possibilidades são diversas, mas o importante é que seja apresentado antes do material de aprendizagem, e que seja mais abrangente, geral e inclusivo. (Ribeiro, 2014). Com base no trecho acima, você julga que os vídeos podem ser organizadores prévios?  (a) Sim (b) Não</p>
--

Há algo que você queira acrescentar sobre a resposta da pergunta anterior?

Fonte: do autor (2024)

#### Quadro 4 – Pergunta 4 do formulário

4- Você usaria os vídeos em suas aulas como material potencialmente significativo ou organizador prévio?

(a) Sim, somente como organizador prévio

(b) Sim, somente como material potencialmente significativo

(c) Não utilizaria o material

(d) Sim, tanto como organizador prévio, quanto material potencialmente significativo

Há algo que você queira acrescentar sobre a resposta da pergunta anterior?

Fonte: do autor (2024)

A etapa (vii) é uma pesquisa quantitativa obtida através dos relatórios fornecidos pelas redes sociais, os dados são foram coletados em 29/12/2024, portanto estão atualizados até esta data. Os resultados obtidos nas etapas (vi e vii) estão na próxima seção.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

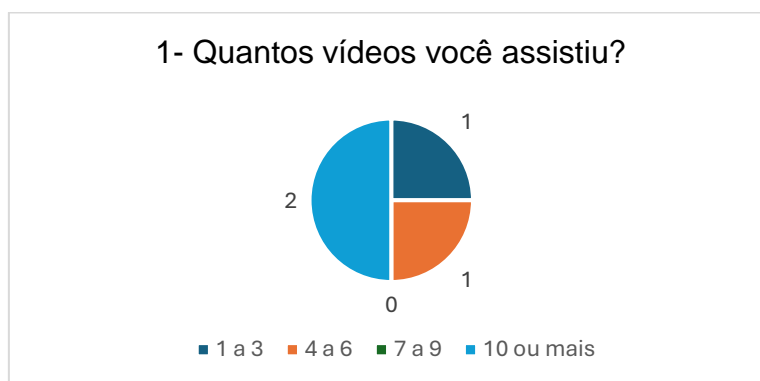
Para a avaliação dos resultados obtidos foram feitas duas seções, a primeira com as respostas dos professores ao formulário, e a segunda com os dados obtidos via redes sociais.

### 5.2 Respostas dos professores

Seguem abaixo as relações de resposta dos professores:

A primeira pergunta apresentou os seguintes resultados:

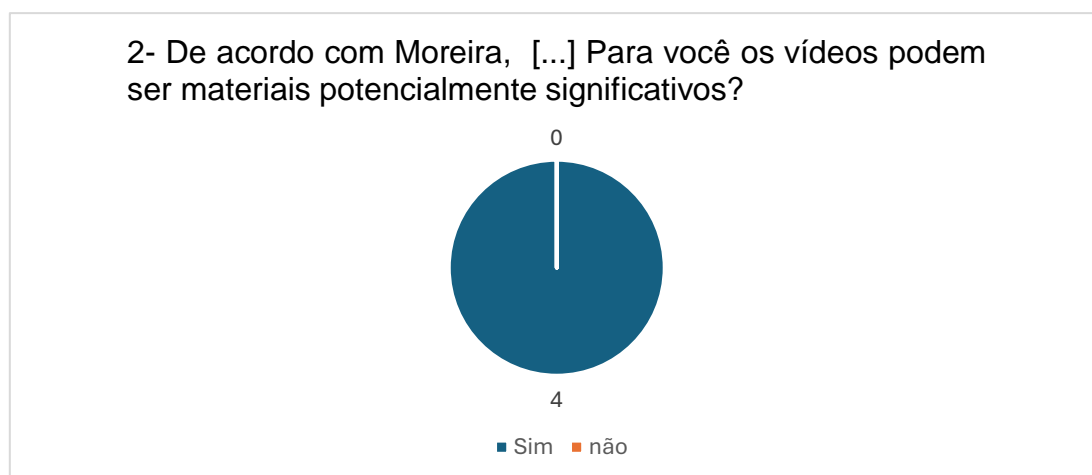
Figura 29 – Resposta da primeira pergunta



Fonte: do autor (2024)

A segunda pergunta apresentou os seguintes resultados:

Figura 30 – Resposta da segunda pergunta.

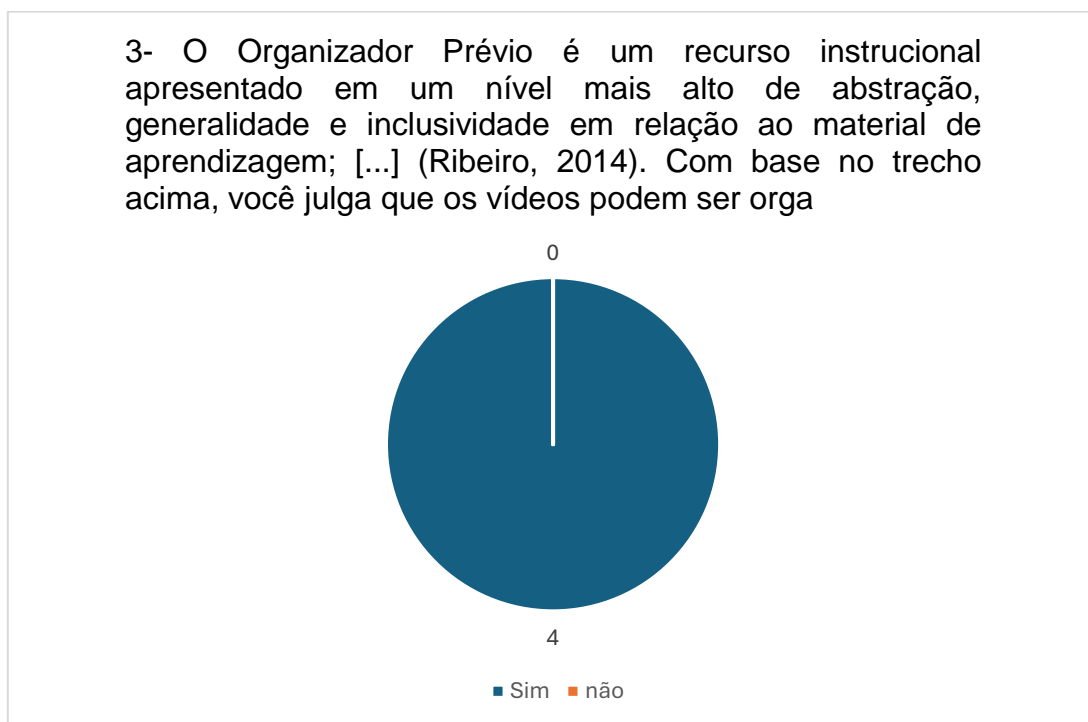


Fonte: do autor (2024)

Um professor acrescentou o seguinte comentário: “A Física na área acústica tem muito potencial de atingir o público, pois utiliza uma paixão universal para lecionar sobre uma área em que os alunos têm dificuldade de entender. Eu apenas consideraria estender o campo de atuação para mais ritmos e para explicação dos instrumentos. Ótima iniciativa!” O comentário foi reproduzido na íntegra.

A terceira pergunta apresentou os seguintes resultados:

Figura 31 – Resposta da terceira pergunta.

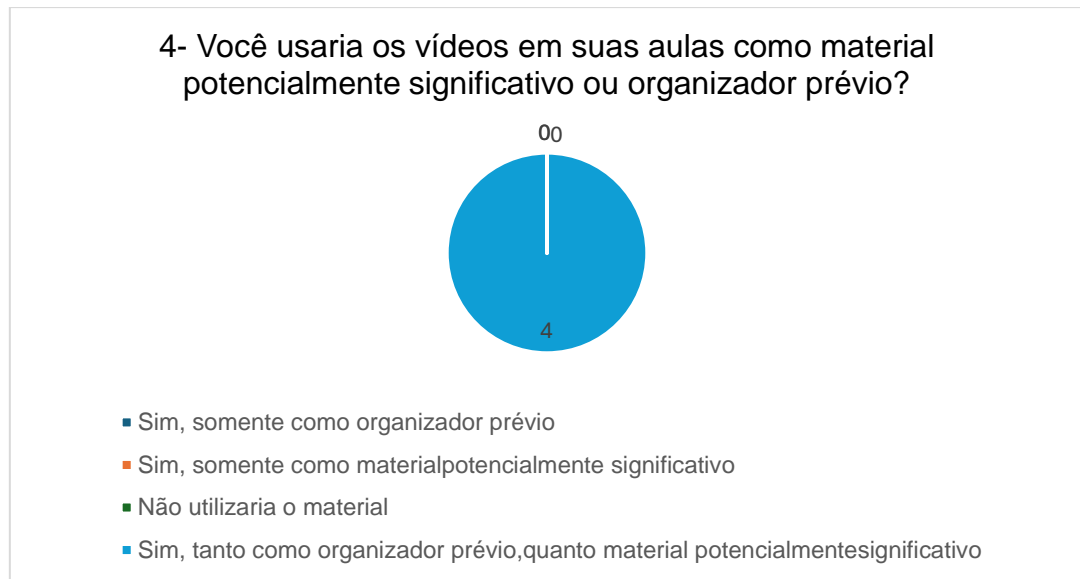


Fonte: do autor (2024)

Um professor acrescentou o seguinte comentário: “Já vou usar teus vídeos e as ideias como introdução das minhas aulas hehe” O comentário foi reproduzido na íntegra.

Por fim, estes foram os resultados obtidos por meio da quarta pergunta:

Figura 32 – Resposta da quarta pergunta.



Fonte: do autor (2024)

Não houve nenhum comentário adicional nessa pergunta.

De acordo com as respostas dos professores ao formulário, um dos objetivos deste trabalho foi cumprido, que era a possível utilização dos materiais produzidos como organizadores prévios, ou materiais potencialmente significativos. Entretanto, somente 4 professores das 26 escolas retornaram. Se se considerar que haja apenas um professor por instituição a taxa de retorno foi de aproximadamente 15 %, que é menos do que o esperado, portanto, não é considerada uma amostragem válida que garanta o alcance dos objetivos.

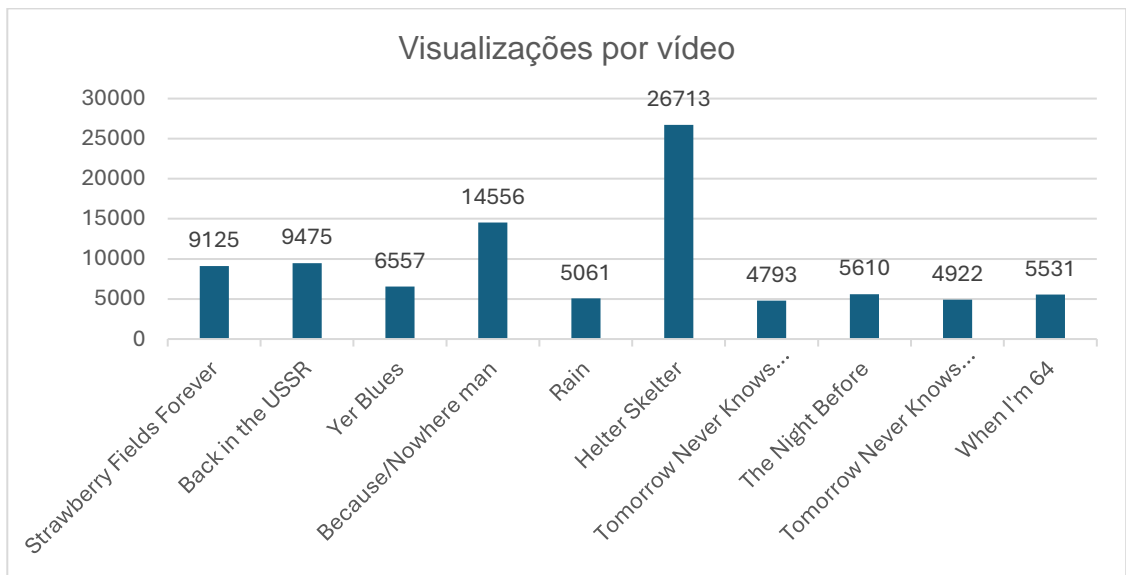
### 5.3 Resultados das redes sociais

Esta seção está dividida da seguinte maneira: primeiro há um levantamento geral acerca das visualizações em cada rede, bem como informações acerca do público que acompanhou os vídeos. Depois, há alguns comentários deixados pelos usuários das plataformas. Todos os dados foram obtidos no dia 29 de novembro de 2024, portanto, haverá mudanças neles se forem checados em dias posteriores.

### 5.3.1 Dados gerais acerca do público

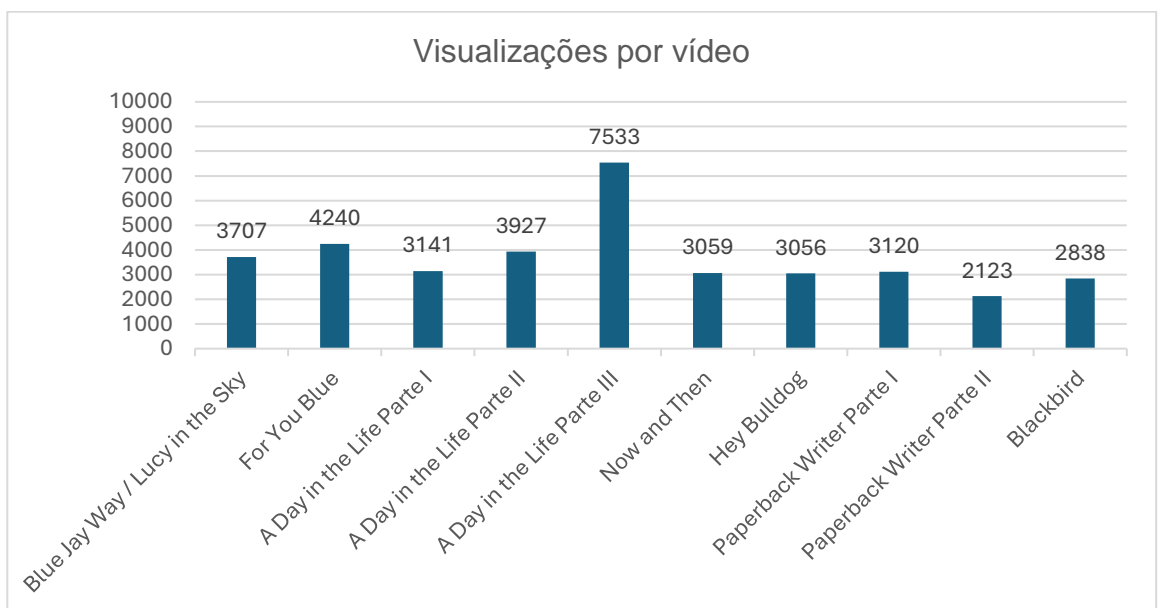
Nas figuras 33 e 34, há a quantidade de visualizações por vídeo ao considerar todas as redes sociais somadas, os dados foram divididos em suas figuras para facilitar a interpretação do gráfico:

Figura 33 – Quantidade de visualizações por vídeo – Parte I



Fonte: do autor (2024)

Figura 34 Quantidade de visualizações por vídeo – Parte II

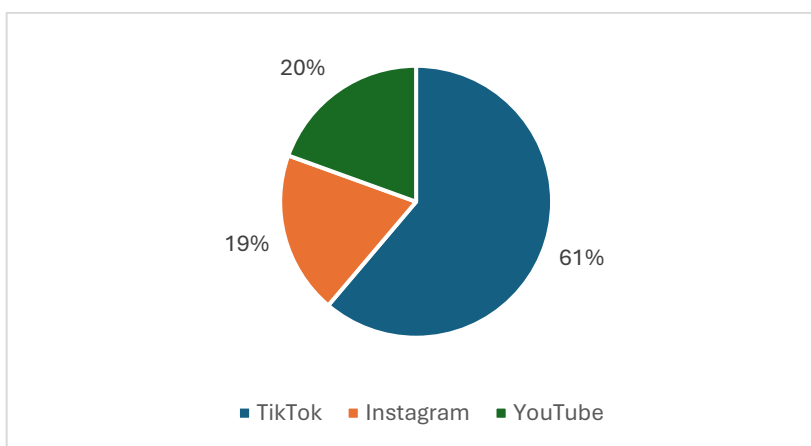


Fonte: do autor (2024)

Com base nos dados, os vídeos de melhor e pior desempenho e termos de visualizações foram respectivamente *Helter Skelter* e *Paperback Writer Parte II*. A quantidade total de visualizações até o momento foi de 129087. É importante ressaltar que não foi feita nenhuma espécie de tráfego pago, ou seja, não foi investido dinheiro diretamente nas redes para que os vídeos alcançassem mais pessoas.

A maior parte das visualizações foram pelo *TikTok*, com equilíbrio entre *YouTube* e *Instagram* (figura 35).

Figura 35 – Visualizações por rede social



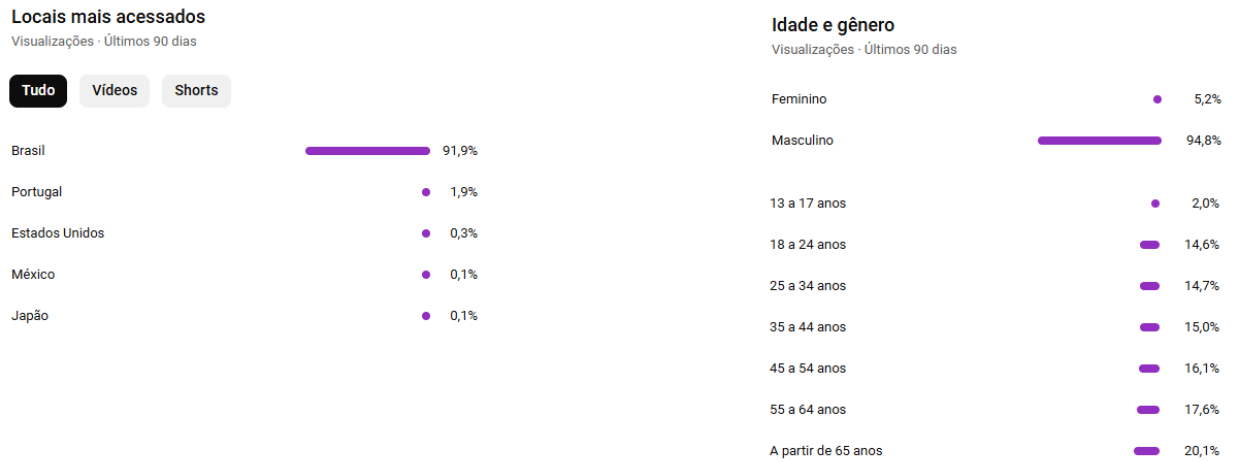
Fonte: do autor (2024)

O perfil do público<sup>30</sup> que assistiu em cada rede social é bem heterogêneo, conforme as figuras 36, 37 e 38 mostram a seguir.

---

<sup>30</sup> Os dados foram obtidos através da área para criadores do *YouTube*, *TikTok* e *Instagram*.

Figura 36 – Perfil do público no *YouTube*

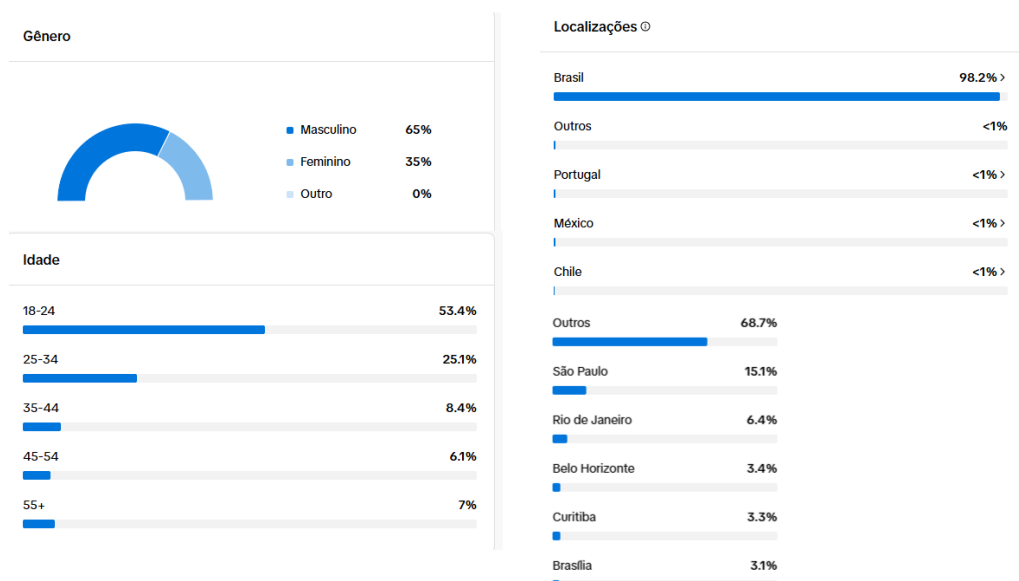


Fonte: do autor (2024)

Quanto ao público do *YouTube*, mais de 90% são brasileiros. Aproximadamente 95% das pessoas que acompanharam os vídeos são do sexo masculino, entretanto os vídeos não foram produzidos para serem direcionados somente a esse público. E quanto a faixa etária, o público é bem dividido entre 18 e mais de 65 anos, com a maior fatia sendo das pessoas com mais de 65 anos de idade.

O público do *TikTok* é diferente do *Youtube*, conforme figura 37.

Figura 37 – Perfil do público no *TikTok*

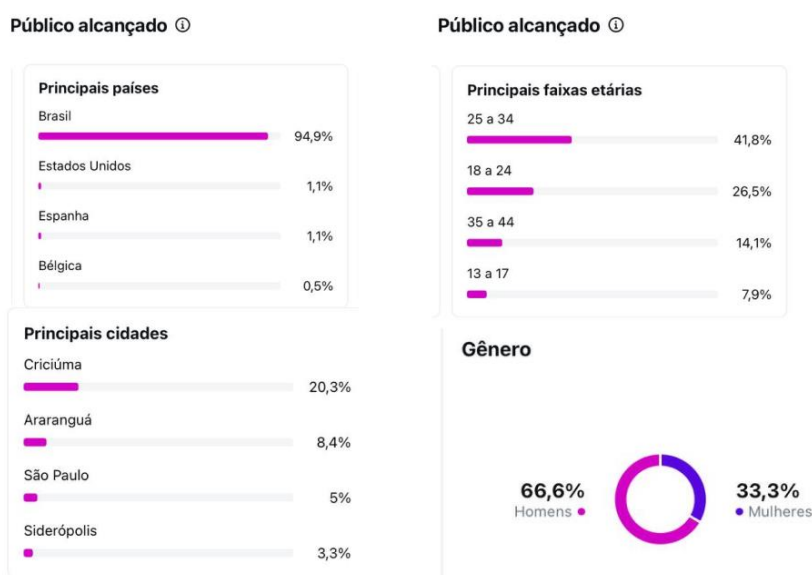


Fonte: do Autor (2024)

A maior parte das pessoas que assistem também são brasileiras, com São Paulo sendo a cidade em que mais pessoas acompanham o conteúdo. O público mais presente ainda é o masculino, porém a diferença não é tão grande quanto no *YouTube*. Já o perfil de idade muda bastante, com mais da metade tendo entre 18 e 24 anos, ou seja, em média, o público do *TikTok* é muito mais jovem do que o do *YouTube*.

Já o público do *Instagram* apresenta as seguintes características (figura 38).

Figura 38 – Perfil do público no *Instagram*



Fonte: do Autor (2024)

O que há de semelhante entre todas as redes, é que praticamente todos os espectadores são brasileiros, e a maioria são homens. A principal faixa etária no *Instagram* é de um público de 25 a 34 anos, e que mora na região sul de Santa Catarina, já que três das quatro cidades com maior público estão nessa região: Criciúma, Araranguá e Siderópolis, que é mesma região em que moro<sup>31</sup>.

<sup>31</sup> Utilização da primeira pessoa do singular para mostrar que parte do público do *Instagram* é de pessoas que têm algum tipo de relação comigo.

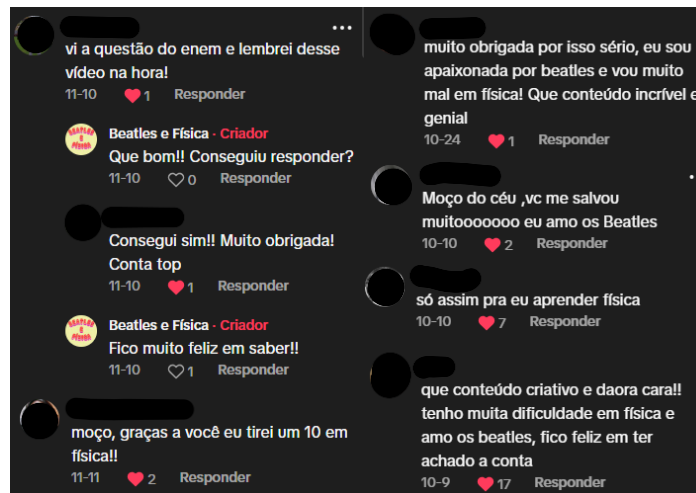
### 5.3.2 Comentários nas redes sociais

Nesta seção há alguns dos comentários deixados pelos usuários nas redes sociais. Os comentários feitos são colocados na íntegra, os autores tiveram suas identidades preservadas.

Como no *TikTok* houve muito mais visualizações, a maior parte dos comentários vem dessa rede, porém há alguns do *YouTube* e *Instagram* também.

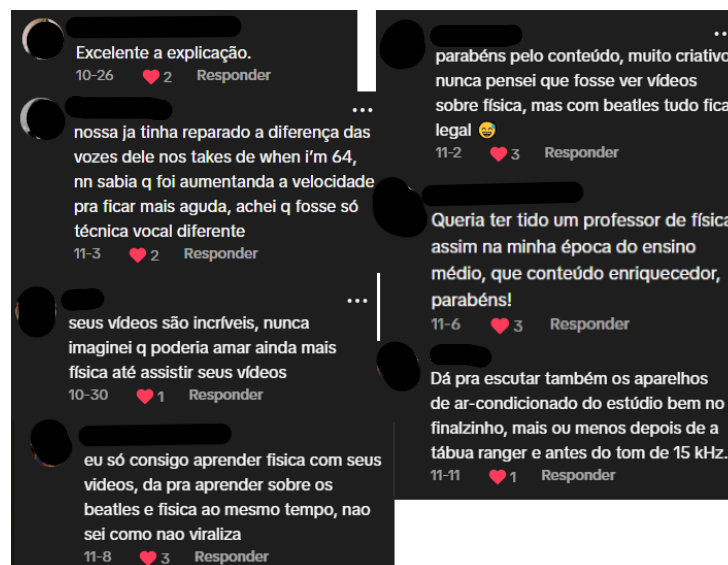
Nas figuras 39, 40, 41, 42, 43 e 44 estão alguns dos comentários feitos nas redes sociais.

Figura 39 – Comentários feitos nas redes sociais - parte I



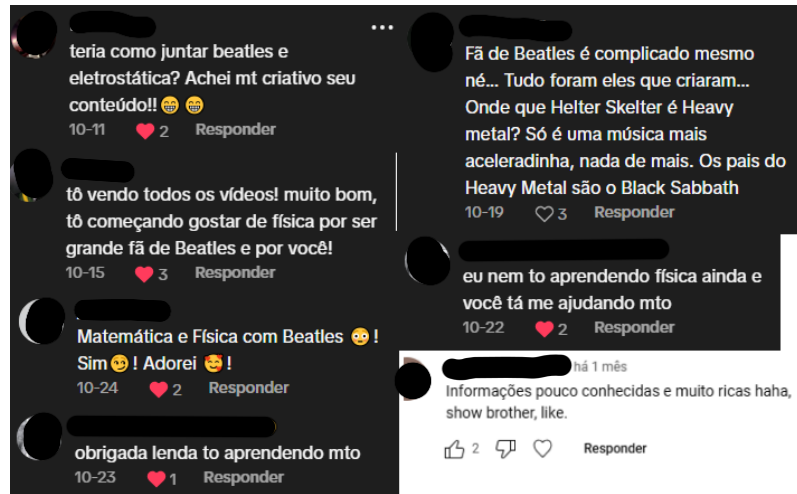
Fonte: do Autor (2024)

Figura 40 – Comentários feitos nas redes sociais - parte II



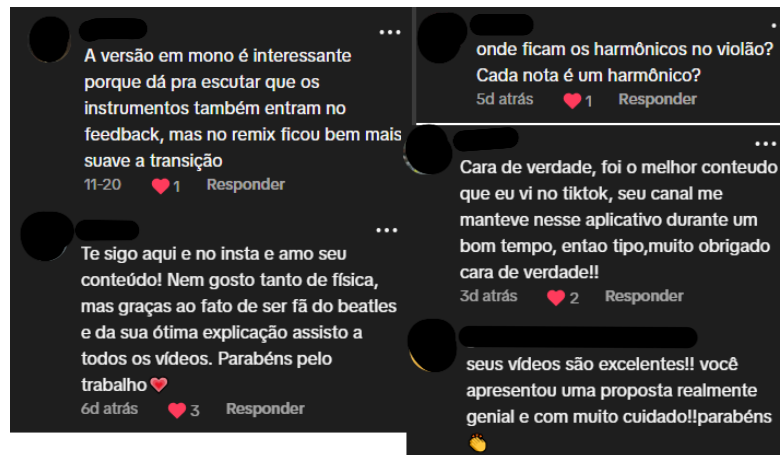
Fonte: do Autor (2024)

Figura 41 – Comentários feitos nas redes sociais - parte III



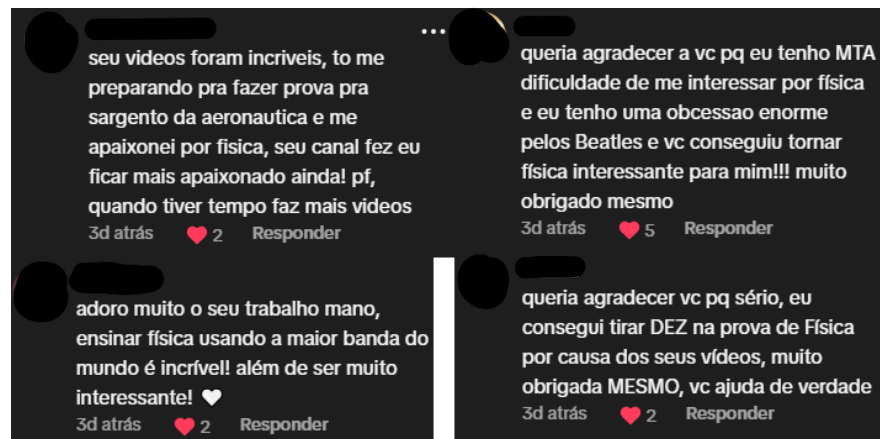
Fonte: do Autor (2024)

Figura 42 – Comentários feitos nas redes sociais - parte IV



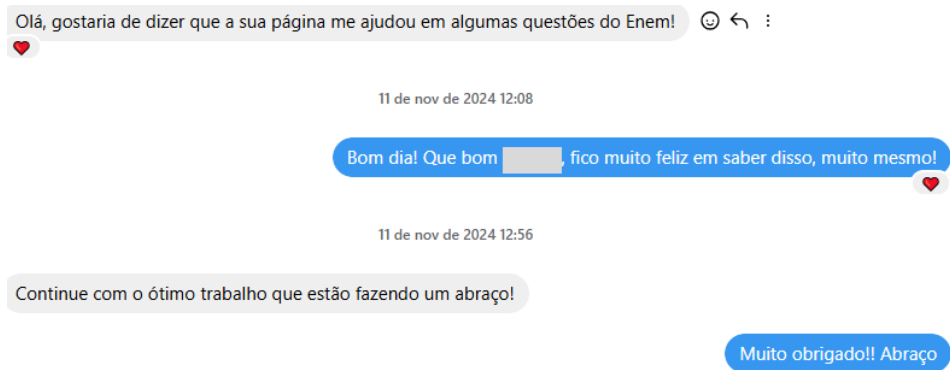
Fonte: do Autor (2024)

Figura 43 – Comentários feitos nas redes sociais - parte V



Fonte: do Autor (2024)

## Figura 44 – Comentários feitos nas redes sociais - parte VI



Fonte: do Autor (2024)

A questão do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) referida por alguns usuários é da prova de 2024 e trata sobre a frequência da sirene de uma ambulância em movimento. É uma questão sobre Efeito *Doppler*, em cada caderno de prova varia o número da questão<sup>32</sup>.

Há indícios de que o tema dos vídeos pode ser utilizado para divulgação científica, já que tanto o alcance dos conteúdos, quanto o retorno dos usuários apontam para isso. A divulgação científica tem por finalidade de informar e suscitar o interesse acerca do tema tratado no espectador (Charaudeau, 2008 apud. Giering, 2014), algo que parece ter acontecido através das páginas *Beatles e física*.

---

<sup>32</sup> As provas estão disponíveis em: <https://www.gov.br/inep/pt-br/areas-de-atuacao/avaliacao-e-exames-educacionais/enem/provas-e-gabaritos/2024> Acesso em 26 nov. 24

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho apresentei uma proposta de integrar músicas dos Beatles com a divulgação científica e o ensino de física, focando especialmente na área de ondulatória. A partir de vídeos curtos e conteúdos adaptados para redes sociais, busquei explorar o potencial das plataformas digitais para tornar a ciência mais acessível. O uso das músicas dos *Beatles* como base para a contextualização dos conceitos físicos revelou-se uma abordagem promissora, promovendo uma conexão entre cultura pop e educação científica.

Os resultados obtidos, tanto pela avaliação dos professores quanto pelas métricas das redes sociais, indicam que os vídeos produzidos podem despertar interesse, além disso têm o potencial de funcionar como organizadores prévios ou materiais potencialmente significativos, facilitando a aprendizagem significativa. No entanto, é importante ressaltar que o retorno dos professores ao formulário foi baixo, portanto, para ter maior precisão quanto a esse resultado é necessário que mais respostas sejam fornecidas.

A partir deste estudo, abre-se espaço para desdobramentos futuros, como a inclusão de temas relacionados ao eletromagnetismo a partir das músicas dos *Beatles*.

Por fim, destaco que a produção dos vídeos dos canais *Beatles e física*, não se aliará somente a produção acadêmica, os conteúdos podem continuar sendo produzidos desvinculados de projetos como este.

## REFERÊNCIAS

A Day In The Life. Música: The Beatles. Londres: EMI, 2015. Son., color. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=usNsCeOV4GM>. Acesso em: 23 ago. 2024.

A hard day's night. Direção de Richard Lester. Londres: United Artists, 1964. Mídia digital.

AUSUBEL, David. Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva. Lisboa: Paralelo, 2001.

CRUZ, Tersio Guilherme de Souza; JUNIOR, João Batista; MOURATO, Alessandro de Souza; RIBEIRO, Gabriel Victor; SILVA, Fernanda Keila Marinho da;. O uso do super-herói Thor como tema potencializador para o ensino e divulgação em física. **A Física na Escola**, São Paulo, v. 20, n. 1. 2022.

DANTAS, Joseclécio Dutra; CRUZ, Sergio da Silva. Um olhar físico sobre a teoria musical. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 41, 2018.

DOS SANTOS SILVA, Aline; REIS, José Claudio; REGO, Sheila Cristina Ribeiro. Publicações sobre o ensino de Física Moderna: relações construídas entre Artes e Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 36, n. 2, p. 366-382, 2019.

EMERICK, Geoff Here, there and everywhere: minha vida gravando os Beatles. Barueri, SP: Novo Século Editora, 2013.

FOMIN, Igor Mottinha et al. O arco de violino. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, n. 4, p. e4303, 2018.

GASPAR, Alberto. **Compreendendo a física**: ondas, termodinâmica e óptica. 2. ed. São Paulo: Ática, 2013.

GIERING, Maria Eduarda. Divulgação científica midiática para crianças e a visada de captação. **Revista Intersecções**, v. 7, n. 14, p. 85-97, 2014.

GRILLO, Maria Lúcia; PEREZ, Luiz Roberto (org.). **Física e Música**. São Paulo: Livraria da Física, 2016.

GROTO, Sílvia Regina; MARTINS, André Ferrer Pinto. Monteiro Lobato em aulas de ciências: aproximando ciência e literatura na educação científica. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 21, p. 219-238, 2015.

GUEST, Ian. **Método prático**. Rio de Janeiro: Lumiar, 2005.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. **Fundamentos de física, volume 2: gravitação, ondas e termodinâmica**. Rio de Janeiro: Ltc, 2014.

HEWITT, Paul G.. **Física Conceitual**. 12. ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Brasileiro de 2010. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/sc/criciuma/panorama> Acesso: 22/08/2024

LAGO, B. L. A guitarra como um instrumento para o ensino de física ondulatória. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, p. 1504, 2015.

LET it Be. Direção de Michael Lindsay-Hogg. Música: The Beatles. Londres: United Artists, 1970. (80 min.), son., color.

LEWISOHN, Mark. **The Beatles: Recording Sessions**. Hamlin, 2021.

LEWISOHN, Mark. **Tune in: Todos esses anos**. Caxias do Sul: Belas Letras, 2022

LORENZETTI, Cristina Spolti. Um resgate histórico da tabela periódica e discussões relativas à natureza da ciência: uma interface entre a divulgação e a educação científica. 2021.

LORENZETTI, Cristina Spolti; RAICIK, Anabel Cardoso; DAMASIO, Felipe. Divulgação Científica: Para quê? Para quem?—Pensando sobre a História, Filosofia e Natureza da Ciência em uma Revisão na Área de Educação Científica no Brasil. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, p. e29395-27, 2021.

MCCARTNEY 3,2,1. Direção de Zachary Heinzerling. Estados Unidos: Hulu, 2021. Streaming

MARCOLINO, Álvaro Oliveira. **Beatles e contracultura**: as teias culturais por trás de Sgt. Pepper's. 2024.

MARTIN, George. **Paz, amor e Sgt Pepper**: os bastidores do disco mais importante dos Beatles. Rio de Janeiro: Sonora, 2017.

MCCARTNEY, Paul; MULDOON, Paul. **Paul McCartney**: as letras. Porto Alegre: Belas Letras, 2024.

MELO, Pâmella Raphaella. "Ondulatória"; Brasil Escola. Disponível em: <https://brasilecola.uol.com.br/fisica/ondas.htm>. Acesso em 28 de agosto de 2024.

MOREIRA, M. A.; MASINI, E. F. S. (2009). **Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel**. São Paulo: Centauro.

MOREIRA, M. A. (2012). **O Que é Afinal Aprendizagem Significativa?** Acesso em 14 ago., 2024, <http://moreira.if.ufrgs.br/oqueeafinal.pdf>

NUSSENZVEIG, H. Moyses. **Curso de Física Básica**: fluidos, oscilações e ondas, calor. 4. ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

PIASSI, Luís Paulo. Clássicos do cinema nas aulas de ciências - A física em 2001: uma odisséia no espaço. **Ciência & Educação (Bauru)**, v. 19, p. 517-534, 2013.

REIS, José Claudio; GUERRA, Andreia; BRAGA, Marco. Física e arte: a construção do mundo com tintas, palavras e equações. **Ciência e Cultura**, v. 57, n. 3, p. 29-32, 2005.

RONCA, Antonio Carlos Caruso. Teorias de ensino: a contribuição de David Ausubel. **Temas em psicologia**, v. 2, n. 3, p. 91-95, 1994.

SANTOS, Eduardo de Melo dos; MOLINA, C.; TUFAILE, Adriana Pedrosa Biscaia. Violão e guitarra como ferramentas para o ensino de física. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 35, p. 2507, 2013.

SANTOS, Robert Simão dos; CAMARGO, Paulo Sérgio de; ROCHA, Zenaide de Fátima Dante Correia. Descobertas sobre a teoria do som: a história dos padrões de Chladni e sua contribuição para o campo da acústica. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, 2017.

SCHIVANI, Milton; SOUZA, Luanna Karen de; SILVA, Maria Romênia da. Filme Passageiros: uma proposta didática em relatividade restrita. **A Física na Escola**, São Paulo, v. 20, n. 1. 2022.

SOUZA FILHO, N. E.; GONÇALVES, B. A.; OLIVEIRA, V. T. Música para estudantes de engenharia: Síntese sonora de tema de jazz. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 37, p. 2313-1-2313-10, 2015.

THE BEATLES: Get Back. Direção de Peter Jackson. Londres: Apple Corps, 2021. (468 min.), color. Legendado.

THE BEATLES - Now and Then - The Last Beatles Song (Short Film). Direção de Oliver Murray. Londres: Apple Corps, 2023. Son., color. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=APJAQoSCwuA>. Acesso em: 24 ago. 2024.

TURNER, Steve. The Beatles: todas as músicas. todas as letras. todas as histórias. Rio de Janeiro: Sextante, 2016.

WIPPEL, Monikeli; SILVEIRA, Camila. Física e Poesia: diálogos e potencialidades no ensino de Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 37, n. 2, p. 351-368, 2020.

WINN, John C.. That Magic Feeling: The Beatles' Recorded Legacy, Volume Two, 1966-1970. Nova York: Potter Style, 2009.

WONFOR, G. (Diretor). **The Beatles Anthology** [Documentário de Televisão]. Londres, Inglaterra: Apple. 1995

YOUNG, Hugh D.; FREEDMAN, Reger A. **Física II, Sears e Zemansky: Termodinâmica e ondas**. São Paulo: Pearson. 2016.

ZACZÉSKI, Monicky E. et al. Violão: aspectos acústicos, estruturais e históricos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 40, 2017.

ZANETIC, João. Física e cultura. **Ciência e Cultura**, v. 57, n. 3, p. 21-24, 2005.

# ANEXO



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO  
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA  
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE SANTA CATARINA  
CÂMPUS ARARANGUÁ  
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA

## ATA DE DEFESA

### Ata de defesa de Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) do curso de Licenciatura em Física

Aos dezanove dias do mês de dezembro de 2024, com início às 19 horas e 15 minutos e término às 19 horas e 55 minutos, no Câmpus Araranguá do Instituto Federal de Santa Catarina (IFSC), teve lugar a sessão pública da defesa de TCC de **Luiz Eduardo dos Santos Bif**, matrícula 202110806974, intitulada **"BEATLES E FÍSICA: DIVULGAÇÃO CIENTÍFICA A PARTIR DAS MÚSICAS DA BANDA BRITÂNICA"** para a obtenção de graduado. Foram membros da banca, **Prof. Larissa do Nascimento Pires**, **Prof. Israel Muller dos Santos** e **Prof. Edmilson Souza Barreto**. Esse último orientador que como presidente deu início ao ato com a apresentação da Banca, seguido pela exposição oral do trabalho pelo autor. Na sequência, os componentes da banca fizeram suas arguições. Que foram respondidas pelo aluno. Ao término da defesa, a banca, após deliberação sigilosa, atribuiu o seguinte conceito: 10 e, à vista desses resultados, o Presidente declarou encerrada a defesa, lavrando-se a presente ata que vai assinada pelos professores, membros da banca examinadora, e que será entregue à Coordenação do Curso.

Araranguá, 19 de dezembro de 2024.

Assinatura dos membros da Banca:

**Banca examinadora:**

1. Edmilson Souza Barreto

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** EDMILSON SOUZA BARRETO  
Data: 19/12/2024 21:55:20-0300  
Verifique em <https://validar.ifsc.gov.br>

(presidente)

Assinatura

2. Larissa do Nascimento Pires

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** LARISSA DO NASCIMENTO PIRES  
Data: 20/12/2024 10:09:33-0300  
Verifique em <https://validar.ifsc.gov.br>

Assinatura **gov.br**

3. Israel Muller dos Santos

Documento assinado digitalmente  
**gov.br** ISRAEL MULLER DOS SANTOS  
Data: 20/12/2024 15:04:00-0300  
Verifique em <https://validar.ifsc.gov.br>

Assinatura



CAMPUS ARARANGUÁ  
Av. XV de Novembro, 61 – Aeroporto  
88905-112 – Araranguá/SC  
Fone: (48) 3311-5000  
[www.ararangua.ifsc.edu.br](http://www.ararangua.ifsc.edu.br)

Ata de defesa do trabalho de conclusão de curso.