

**Universidade Federal da Paraíba – UFPB**  
**Programa de Pós-Graduação em Computação, Comunicação e Artes –**  
**PPGCCA**

**GUILHERME DE SOUZA ALVES**

**AURIS VISUAL:**  
**UMA REPRESENTAÇÃO DE RITMO E ESTRUTURA DE ARRANJO MUSICAL**  
**PARA PESSOAS SURDAS.**

**JOÃO PESSOA**

**Fevereiro/2018**

**Guilherme de Souza Alves**

**Auris Visual: Uma Representação de Ritmo e Estrutura de Arranjo Musical para Pessoas Surdas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação, Comunicação e Artes (PPGCCA) da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Computação, Comunicação e Artes, na linha de pesquisa Arte Computacional.

Orientador: Prof. Dr. CARLOS EDUARDO COELHO FREIRE BATISTA

João Pessoa  
Fevereiro / 2018

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

A474a Alves, Guilherme de Souza.

Auris visual: uma representação de ritmo e estrutura de arranjo musical para pessoas surdas / Guilherme de Souza Alves. - João Pessoa, 2018.

67 f. : il.

Orientação: Carlos Eduardo Coelho Freire Batista.  
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CI.

1. Computação - comunicação. 2. Acessibilidade - surdos. 3. Representação Musical. 4. Ritmo - estrutura de Arranjo. 5. Music visualization. I. Batista, Carlos Eduardo Coelho Freire. II. Título.

UFPB/BC

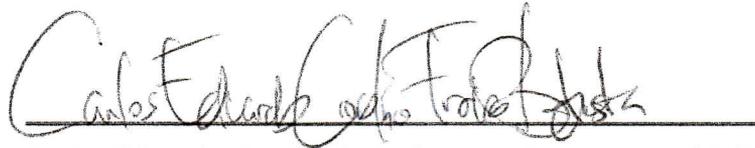
Guilherme de Souza Alves

**Auris Visual: Uma Representação de Ritmo e Estrutura de Arranjo Musical para Pessoas Surdas**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação, Comunicação e Artes da Universidade Federal da Paraíba, como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Computação, Comunicação e Artes, na linha de pesquisa Arte Computacional.

A banca considera o presente Trabalho Final: APROVADO

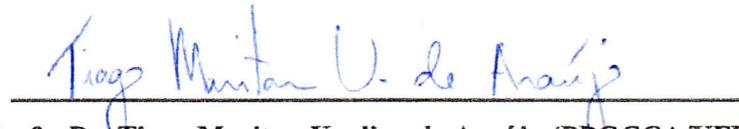
Data: 28 / fevereiro / 2022.



**Profa. Dr. Carlos Eduardo Coelho Freire Batista (Orientador – PPGCCA/UFPB)**

---

**Prof. Dr. Francisco de Paula Barreto (membro externo - UFBA).**



**Profa. Dr. Tiago Maritan Ugolino de Araújo (PRGCCA/UFPB)**

*Dedico este trabalho a minha mãe e ao meu pai por todos os ensinamentos e por sempre acreditarem em mim. Dedico também a minha avó Ieda que ajudou a construir em mim a importância do valor da família.*

## AGRADECIMENTOS

Aos participantes da pesquisa que tanto contribuíram para o desenvolvimento das atividades. Aos professores das disciplinas que cursei na pós-graduação de Informática e na de Computação, Comunicação e Artes.

À minha companheira Vitória pelo apoio e fortalecimento de sempre, meu filho Theo (quem nem sabe ainda, mas me ajudou muito a prosseguir), à minha mãe, meu pai, meu irmão, minha irmã, meu sobrinho, amigos e amigas.

Aos professores, Tiago Maritan e Francisco Barretto, que fizeram parte da banca examinadora que contribuiu para a construção e amadurecimento deste trabalho.

Ao professor, Carlos Eduardo Batista “Bidu”, pelo apoio de sempre e generosidade em compartilhar o conhecimento e ajudar a prosseguir, desde a conclusão da graduação até o atual momento, no meu caminho na academia.

À Felipe Alves e toda equipe do projeto Música para Surdos. Também à Beatriz Meireles e equipe de animadores do projeto Vlibras e LibrasKE.

Por fim, agradeço a Capes pelo apoio financeiro.

## RESUMO

O presente trabalho trata do desenvolvimento da pesquisa que busca soluções de representação de elementos musicais, para pessoas com surdez, em conteúdo audiovisual. Buscando identificar o resultado ótimo para representação de ritmo (pulso) musical e estrutura de arranjo, são sugeridas formas de representação, metodologia de análise, aplicação e coleta de dados, com desenvolvimento de artefatos que auxiliam a interação de conteúdo audiovisual com pessoas surdas, possibilitando maior imersão nas obras audiovisuais. A validação das hipóteses é feita utilizando questionários, observação de vídeos gravados e coleta de dados através de electroencefalografia (EEG). Este trabalho descreve o desenvolvimento das metodologias envolvidas, os experimentos dos protótipos e a validação das hipóteses levantadas na pesquisa. Os resultados são animadores e demonstram indícios da capacidade de representação para usuários surdos mediante utilização dos protótipos sugeridos.

**Palavras-Chave:** Acessibilidade, Representação Musical, Music Visualization, Ritmo, Estrutura de Arranjo.

## **ABSTRACT**

This present study deals with the development of a research project that seeks solutions to represent musical elements, for deaf individuals, in audiovisual content. In order to identify the optimal result for musical rhythm (pulse) representation and arrangement structure, ways of representation are suggested, as well as methodology of analysis, application and data collection, the development of artifacts that help the interaction of audiovisual content with deaf people and immersion in audiovisual works. The validation of the hypotheses is done using questionnaires, observation of recorded videos and data collection through electroencephalography (EEG). This work presents the development of the methodologies involved, the experiments of the prototypes and validation of the hypotheses of research tests. The results are encouraging and demonstrate evidence of the capacity of representation for deaf users using the suggested prototypes.

**Keywords: Aecessibility, Musical Representation, Music Visualization, Rhythm, Arrangement Structure.**

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>FIGURA 1 – Avatar do Vlibras.....</b>	<b>12</b>
<b>FIGURA 2 – Som Forte e Som Fraco .....</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 3 – Representação de Ritmo e Estrutura de Arranjo .....</b>	<b>32</b>
<b>FIGURA 4 – Representação de Arranjo e Ritmo 1 .....</b>	<b>33</b>
<b>FIGURA 5 – Representação de Estrutura de Arranjo 2 .....</b>	<b>33</b>
<b>FIGURA 6 – Representação de Ritmo e Arranjo Musical 3 .....</b>	<b>34</b>
<b>FIGURA 7 – Representação de Ritmo e Arranjo Musical 4 .....</b>	<b>34</b>
<b>FIGURA 8 – Representação de Ritmo e Arranjo Musical 5 .....</b>	<b>35</b>
<b>FIGURA 9 – Representação de Ritmo e Arranjo Musical 6 .....</b>	<b>35</b>
<b>FIGURA 10 – Primeiro Vídeo Apresentado .....</b>	<b>36</b>
<b>FIGURA 11 – Terceiro Vídeo Apresentado na Primeira Etapa dos Testes.....</b>	<b>37</b>
<b>FIGURA 12 – Quarto Vídeo Apresentado nos Testes.....</b>	<b>37</b>
<b>FIGURA 13 – Representação de Arranjo Musical Apresentada no Terceiro Vídeo .....</b>	<b>39</b>
<b>FIGURA 14 – Representação de Arranjo na Segunda Etapa .....</b>	<b>39</b>
<b>FIGURA 15 – Camelot Wheel .....</b>	<b>40</b>
<b>FIGURA 16 – Questão Apresentada na Segunda Etapa de Experimentos.....</b>	<b>44</b>
<b>FIGURA 17 – Emotiv Epoc .....</b>	<b>46</b>
<b>FIGURA 18 – Captura de Tela do Software Testbench .....</b>	<b>47</b>
<b>FIGURA 19 – Captura de Tela do Eeglab .....</b>	<b>48</b>
<b>FIGURA 20 – Imagem Gerada no Eeglab da Verificação dos Canais .....</b>	<b>49</b>
<b>FIGURA 21 – Janela de Seleção de Artefatos.....</b>	<b>50</b>
<b>FIGURA 22 – Component Spectra And Maps .....</b>	<b>50</b>
<b>FIGURA 23 – Components Properties .....</b>	<b>51</b>
<b>FIGURA 24 – Representação de Ritmo Através do Avatar .....</b>	<b>55</b>
<b>FIGURA 25 – Representação de Ritmo através de elipse vazada.....</b>	<b>55</b>
<b>FIGURA 26 – Representação de Arranjo Escolhida pelos Usuários.....</b>	<b>56</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>TABELA 1 – Range de Frequências .....</b>	<b>18</b>
<b>TABELA 2 – Tabela de Regiões .....</b>	<b>19</b>
<b>TABELA 3 – Figuras Musicais .....</b>	<b>22</b>
<b>TABELA 4 – Energia e Tonalidade .....</b>	<b>40</b>
<b>TABELA 5 – Resultados Preliminares da Primeira Etapa .....</b>	<b>54</b>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
1.1 Objetivos.....	14
1.2 Justificativa.....	14
<b>2 REVISÃO TEÓRICO-CONCEITUAL E ESTADO DA ARTE.....</b>	<b>17</b>
2.1 O Som e Seus Elementos.....	18
2.2 A Música e Seus Elementos .....	20
2.2.1 Ritmo .....	22
2.2.2 Arranjo Musical.....	23
2.3 Libras.....	24
2.4 Trabalhos Relacionados e Estado da Arte .....	25
<b>3 METODOLOGIA DA PESQUISA.....</b>	<b>29</b>
3.1 Procedimentos Metodológicos .....	29
3.1.1 Experimentos.....	29
3.1.1.1 <i>Perfil dos Usuários</i> .....	30
3.1.1.2 <i>Instrumentos de Pesquisa</i> .....	31
3.1.1.3 <i>Representação de Ritmo Musical</i> .....	35
3.1.1.4 <i>Representação de Estrutura de Arranjo</i> .....	38
3.2 Validação .....	41
3.2.1 Validação para Primeira Etapa .....	41
3.2.2 Validação para Segunda Etapa .....	42
3.2.3 Questionários.....	43
3.2.4 Avaliação do Registros de Uso.....	44
3.2.5 Eletroencefalograma (EEG) .....	45
<b>4 RESULTADOS .....</b>	<b>52</b>
4.1 Resultado dos Questionários e da Avaliação do Registro de Uso.....	52
4.2 Coleta de Dados por EEG.....	56
<b>5 CONTRIBUIÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>58</b>
<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>59</b>
<b>APÊNDICE A – Questionário aplicado com os voluntários dos testes .....</b>	<b>61</b>
<b>APÊNDICE B – Questionário aplicado com os voluntários dos testes .....</b>	<b>65</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A definição de pessoas surdas, no Brasil, é regida pelo decreto da presidência da república de número 5.296 de 2 de dezembro de 2004, que regulamenta as leis 10.048 (dá prioridade a pessoas com deficiência) e 10.098 (estabelece normas gerais e critérios básicos para promover acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência). Define deficiência auditiva como perda bilateral, parcial ou total, de 41dB (decibéis) ou mais, aferida por audiograma nas frequências de 500hz (hertz), 1000hz, 2000hz e 3000hz. No país, segundo censo realizado no ano de 2010, há 9.7 milhões de pessoas com surdez, o que representa 5,1% da população brasileira. Com uma população tão grande de pessoas surdas, faz-se necessário o desenvolvimento de ferramentas que auxiliem a inclusão social deste público. Assim, algumas iniciativas<sup>1</sup> buscam diminuir as dificuldades referentes à tradução de linguagens e conteúdos para pessoas com este tipo de necessidade. Em nossa pesquisa, utilizamos o avatar existente no Suíte Vlibras como uma das formas de representação de elementos musicais para o usuário surdo.

A Suíte Vlibras, segundo o site oficial<sup>2</sup>, é um conjunto de ferramentas responsável por traduzir conteúdos digitais, como, texto, áudio e vídeo para Língua Brasileira de Sinais (Libras). O que torna computadores, dispositivos móveis e plataformas *WEB* acessíveis para pessoas com surdez de forma automatizada, possibilitando que os usuários do serviço assistam a filmes, programas de TV, etc. O sistema faz uso de um avatar para representar os sinais de Libras em traduções automáticas.

**FIGURA 1 – AVATAR DO VLIBRAS**



Fonte: Coletada pelo autor no *site* oficial do serviço (2018)

---

<sup>1</sup> <http://www.techtudo.com.br/listas/noticia/2016/01/tradutor-de-libras-5-programas-e-sites-que-podem-ajudar-conversar.html>

<sup>2</sup> <http://www.vlibras.gov.br>

Na figura 1, é apresentado o avatar usado no serviço Vlibras para representar os sinais de Libras traduzidos automaticamente do português. Como citado, foi feito uso do avatar para representar um dos elementos musicais, o ritmo. A representação da estrutura de arranjo musical também é feita no espaço em que o avatar apresenta os gestos, como veremos na *subseção 3.1.1.2*.

Ao identificar a capacidade de representação contida no serviço Vlibras, surgiu um questionamento que serve como questão de pesquisa para este trabalho: *é possível representar ritmo e estrutura de arranjo musical através de interfaces visuais para pessoas surdas?* Para responder esta questão, faz-se necessário um conhecimento multidisciplinar, com o envolvimento de áreas como Artes, Comunicação, Computação, Mídias Digitais e um conhecimento introdutório de neurociência e fisiologia, de maneira que o conjunto de técnicas nas áreas citadas possibilitou o desenvolvimento de hipóteses e protótipos que foram postos à prova através de experimentação

Os experimentos foram executados buscando incluir informações visuais para representação dos elementos ritmo e a estrutura de arranjo em conteúdos audiovisuais, incluindo músicas com letras em português. Além de utilizar o avatar, os protótipos de representação inserem outros signos na tela para representar os elementos já mencionados.

A proposta visa ampliar as possibilidades de representação em serviços de tradução que utilizam interfaces visuais, com a intenção de proporcionar a imersão de pessoas surdas em obras audiovisuais. Para tal, foi feita a apresentação de informações musicais de um pré-escoopo definido (elementos rítmicos, estrutura de arranjo), que serão mapeadas para representações gestuais (a serem realizadas através da apresentação de um avatar, como modificadores de gestos ou gestos em si) e representações visuais (para serem incluídas na animação gerada).

O desenvolvimento das atividades para estudo e classificação de signos visuais para assinalar ritmo e estrutura de arranjo, bem como o desenvolvimento da metodologia dos experimentos e das representações visuais, necessitam de testes de protótipos para definição de um conjunto de elementos representativos que buscam ampliar a capacidade imersiva de conteúdo multimídia.

A dissertação está organizada em 5 capítulos. Este primeiro introduz dados sobre a população surda no Brasil. Apresenta as áreas de conhecimento envolvidas nos estudos, a questão de pesquisa, os objetivos e a justificativa geral.

O segundo capítulo apresenta a revisão teórico-conceitual e os trabalhos relacionados que servem de fundamentação para o desenvolvimento da pesquisa. Para tanto, tratamos os

conceitos do som e seus elementos, da música e seus elementos, ritmo, arranjo musical e Libras.

O terceiro capítulo trata da metodologia. Aborda os procedimentos metodológicos, descrição dos experimentos, da construção dos protótipos, da validação, dos métodos para coleta de dados por questionário, avaliação do registro de uso e eletroencefalografia.

O quarto capítulo apresenta os resultados obtidos com a validação das hipóteses e da metodologia. Está dividido em resultados obtidos por questionário e análise dos vídeos, bem como coleta de dados de EEG. E por último, o quinto capítulo apresenta as contribuições e considerações finais.

## 1.1 Objetivos

O trabalho tem como objetivo ajudar na imersão de pessoas surdas em conteúdo audiovisual, particularmente aqueles conteúdos que envolvem elementos musicais. A pesquisa trata de investigar formas de representar e expressar elementos musicais (ritmo e estrutura de arranjo) associados à Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS), a fim de estender as possibilidades de *softwares* de tradução automática de Libras para língua portuguesa com a intenção de representação dos citados elementos musicais.

Os experimentos são divididos em duas etapas. A primeira delas é de validação das hipóteses iniciais que sugerem protótipos de formas de representação de ritmo, estrutura de arranjo, interação sincronizada entre elementos e conteúdo sonoro, pontos de interação inicial do avatar com a música, definição de uma representação ótima de ritmo, reconhecimento e definição de representação de arranjo musical no ambiente escolhido. A partir da conclusão da primeira etapa de experimentos, algumas hipóteses foram validadas e os resultados são apresentados no *capítulo 4* deste trabalho. Constam também formas de representação (resultado ótimo de representação para elementos de ritmo e estrutura de arranjo musical), método de avaliação e coleta de dados, além de um dicionário de signos para ritmo e estrutura de arranjo em interfaces visuais.

## 1.2 Justificativa

O presente trabalho faz parte de um conjunto de ferramentas de acessibilidade chamado Sistema Auris (Auris System - visa desenvolver novas formas de representação de elementos musicais para pessoas surdas), parte do projeto Música para Surdos, associado ao Projeto Vlibras.

O desenvolvimento está atualmente centrado em testes do Auris System que buscam viabilizar a interação de conteúdos audiovisuais com pessoas com surdez através de interfaces táteis e visuais (que é objeto desta pesquisa). O sistema é composto por: Auris Chair – cadeira responsável por reproduzir sons/vibrações; Auris Bracelet - responsável por transmitir a informação de melodia ou harmonia utilizando pequenos motores; Auris Core - recebe os arquivos, faz o processamento das informações e gera arquivos para as interfaces; Auris Controller - responsável pelo gerenciamento das funcionalidades de outros componentes do sistema; e, por fim, Auris Visual.

Após alguns resultados preliminares, oriundos dos testes feitos em outras etapas do projeto VLibras, observou-se que quando se trata de tradução de conteúdo audiovisual para Libras, alguns problemas de imersão do usuário surdo no conteúdo são bastante relevantes. O foco do presente trabalho é abordar o problema da não tradução do conteúdo não dialogado do filme ou outros formatos de obras com áudio e vídeo.

Em obras audiovisuais o conteúdo sonoro em muitos momentos é fundamental para imersão do espectador na mensagem/intenção transmitida. No caso de usuários surdos, utilizando o VLibras é possível obter a tradução do conteúdo falado e textual, porém, em momentos em que não há diálogo na obra, o avatar responsável por apresentar a tradução através de gestos fica imóvel em posição inicial. Essa pausa, pode desconectar totalmente o usuário do que está sendo transmitido.

A utilização do protótipo da cadeira – que está em fase de experimentação - para tradução de ritmo, tornou perceptível uma maior imersão do usuário surdo na obra sonora. Entretanto, quando o usuário não tem uma interface tátil para tradução do conteúdo sonoro não-dialogado, é necessário que a informação auditiva continue sendo traduzida.

Com elementos visuais (cores) é possível apresentar características e emoções de músicas de maneira que o usuário surdo possa continuar imerso no conteúdo transmitido. A associação entre música e cor é mediada por associações emocionais (Palmer, Schloss, Xu, Prado-Léon, 2013). A representação utilizando cores em correlação com a música insere um teor sentimental na obra sonora, melhorando a qualidade da comunicação e do entretenimento para um público que em muitos casos é prejudicado. Para tanto, foi necessária a utilização de áreas do conhecimento de música, artes, informática e comunicação.

A experiência de entretenimento e diversão proposta para o público com capacidade auditiva através da música, como enfatizado por Fourney e Fels (2009), é limitada do ponto de vista de pessoas com surdez de nascença, que perderam audição ou que têm pouca capacidade de ouvir. Logo, desenvolver estratégias para aumentar a capacidade de

comunicação com o conteúdo desenvolvido na música é fundamental, levando em consideração a grande quantidade de público que tem imersão comprometida devido às problemáticas envolvidas.

As variáveis de pesquisa foram escolhidas por serem parâmetros que julgamos possíveis de validar as hipóteses que temos, como descrito e justificado no capítulo 3 *metodologia* e na subseção 3.2 *validação*.

Na seção atual justificamos o itinerário das questões relacionadas a nossa pesquisa. No capítulo seguinte, abordaremos a revisão teórico-conceitual da pesquisa e o estado da arte do tema.

## 2 REVISÃO TEÓRICO-CONCEITUAL E ESTADO DA ARTE

A correspondência entre informações representadas através de imagens e som é tratada por ramos da ciência como psicologia, artes e informática com diferentes abordagens que buscam entender desde pessoas sinestésicas a métodos de representação de música em interfaces visuais para diversos fins. O uso das cores relacionadas à música na arte é feito há séculos e podemos citar aqui, por exemplo, o teatro e a ópera, como citados por Karwoski e Odbert (1936) no estudo *Color-Music*, que aborda questões como sinestesia para entender um fenômeno denominado de *colored hearing*.

Na literatura há abordagens que buscam converter o espectro eletromagnético visível para a faixa de frequência perceptível pelos seres humanos, como podemos observar em trabalhos como *Espectros Audível e Visível - Proposta de Correspondência* (MACEDO, 2009), que propõe um método de correlação entre cor e som com justaposição entre o espectro visível e o audível com uma modulação matemática. Outros trabalhos abordam o processo de *music visualization* (visualização da música) para diversos fins, fazendo uso de *softwares* para tocar música, como em *Interactive Music Visualization For Music Player Using Processing* (LEE, FATHIA, 2016). Entretanto, no artigo *Creating Access To Music Through Visualization* (FOURNEY, FELLS, 2009), os autores abordam a problemática que este trabalho tem como cerne, acessibilidade à música para pessoas surdas.

Em pesquisas que buscam validar hipóteses de representação musical para esse público são comumente utilizadas duas formas de aferição: 1) questionário; 2) leitura de atividade cerebral. Aplicamos as duas formas citadas para que tenhamos maior entendimento dos métodos de validação e maior quantidade de dados para análise, e conseqüentemente, resultados mais confiáveis.

A utilização de leitura de atividade cerebral em experimentos com pessoas surdas mostra que, mesmo sem a capacidade auditiva, o cérebro se adapta para perceber música. Estudo apresentado na 87<sup>a</sup> Assembléia Científica e Encontro Anual da Sociedade de Radiologia da América do Norte, aponta que a experiência que pessoas surdas têm quando “sentem” música é similar à de pessoas ouvintes quando ouvem música.

[...]these findings suggest that the experience deaf people have when ‘feeling’ music is similar to the experience other people have when hearing music. The perception of

the musical vibrations by the deaf is likely every bit as real as the equivalent sounds, since they are ultimately processed in the same part of the brain (SHIBATA<sup>3</sup>, 2001).

No cenário atual, temos alguns trabalhos que tratam de acessibilidade para pessoas surdas utilizando interfaces táteis e/ou visuais para traduzir ou representar música. Mas citamos as que são referência direta de abordagem ou metodologia para nossa pesquisa, na seção 2.4 Trabalhos Relacionados e Estado da Arte.

A seção seguinte aborda o som e seus elementos. É importante entender os fenômenos que envolvem o som para entendermos como representar de maneira mais eficiente os elementos que propomos nos protótipos.

## 2.1 O Som e Seus Elementos

O som é um fenômeno físico, gerado a partir de vibrações. Em sua forma natural é composto por soma de uma frequência fundamental e seus harmônicos (frequências de menor intensidade que são geradas juntamente com a frequência fundamental no ato da vibração de um corpo). Segundo Alves (2005), o som possui quatro elementos (altura, duração, timbre e intensidade).

A altura do som é a propriedade que define se o som tem uma frequência maior ou menor; se um som é mais agudo ou mais grave. Sons com menor frequência são mais graves. Com maior, mais agudos. A imagem abaixo demonstra os limites de cada altura.

**TABELA 1 – RANGE DE FREQUÊNCIAS**

20 a 60 Hz	Sub-graves
60 a 250 Hz	Graves
250 a 2000 Hz	Médias baixas
2000 a 6000 Hz	Médias altas
6000 a 20000Hz	Agudos

Fonte: o diário do músico <sup>4</sup>– guia de mixagem parte 4 (HENRIQUES, 2010)

É possível descrever algumas características do som a partir de sua frequência. A tabela apresentada na imagem abaixo (HENRIQUES, 2010) é uma descrição de faixas de

<sup>3</sup> Brains of deaf people rewire to ‘hear’ music. Disponível em: <http://www.washington.edu/news/2001/11/27/brains-of-deaf-people-rewire-to-hear-music/>

<sup>4</sup> Disponível em: <http://odiariodomusico.blogspot.com.br/2010/01/mixagem.html>

frequência e suas características de percepção, o que permite entendermos como o excesso ou a falta de determinadas frequências é percebida por ouvintes.

**TABELA 2 – TABELA DE REGIÕES**

8 <sup>va</sup>	Hz	Região	Palavra-chave	Excesso	Falta
1	20-40	SubGraves	Fundação	Flácido	Raramente Percebido
2	40-80	Graves Profundos	Profundidade	Sobrando/Frouxo	Leve/Duro
3	80-160	Graves	Base	Gordo/Pesado/ "U"	Magro/Frio
4	160-320	Graves/ Médias Baixas	Densidade	Cavernoso/ "Ô"	Apertado
5	320-640	Médias Baixas	Corpo	Oco/Fanho/ "Ã"	Preso
6	640-1k2	Médias Baixas	Força	Buzina/Telefone/ "Ó"	Distante/Oco
7	1k2-2k5	Médias Altas	Projeção	Lata/Metálico/ "É"	Estrangulado
8	2k5-5k	Médias Altas/ Agudos	Presença	Estridente/Agressivo/ "Í"	Velado
9	5k-10k	Agudos	Brilho	Sibilante/Magro/ "S"	Abafado/Fosco
10	10k-20k	Super Agudos	Ar	Zunido/Soprado	Pouco Percebido

Fonte: o diário do músico<sup>5</sup> – guia de mixagem parte 4 (HENRIQUES, 2010)

A partir da classificação das frequências e do reconhecimento do excesso ou falta que cada região representa, é possível equilibrar os sons em processos de produção denominado mixagem.

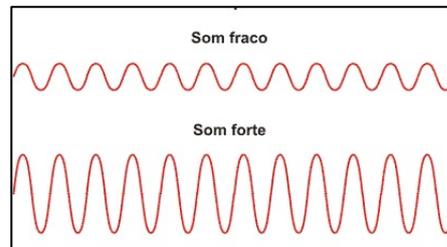
O elemento “duração” é a referência de prolongamento do som (ALVES, 2005). Ou seja, é o tempo que percorre entre a primeira vibração percebida até o momento em que o som cessa.

O elemento timbre é o que permite a identificação de diferentes fontes sonoras, mesmo quando estão juntas como numa obra musical. É o que permite, por exemplo, identificarmos quando um som é de um violino ou de um trombone, ou quando identificarmos, pelo timbre da voz, quem é a pessoa que nos chama. Pode ser descrito como a cor ou textura do som (LÓPEZ, 2013). É importante salientar que timbre faz referência à característica particular de cada som e que a identificação espacial da fonte sonora é denominada de panorama.

<sup>5</sup> Disponível em: <http://odiariodomusico.blogspot.com.br/2010/01/mixagem.html>

A intensidade ou amplitude é o elemento ou propriedade que permite distinguir sons mais fracos de sons mais fortes. Quanto mais amplitude, mais forte o som é. Menor amplitude, som mais fraco. A intensidade é medida em Decibél (dB).

**FIGURA 2 – SOM FORTE E SOM FRACO**



Fonte: qualidades fisiológicas do som<sup>6</sup>

A atual seção tratou de descrever os elementos do som, o que é fundamental para entender os processos ocorridos até a formação de sons para criação de notas ou músicas. Cada elemento tem em si uma complexidade enorme, mas foram apresentados os principais conceitos que servem de base para o entendimento do som. Na seção seguinte abordaremos o conceito de música e seus elementos.

## 2.2 A Música e Seus Elementos

O conceito de música pode ser abordado de maneira técnica abordando as características físicas do som e da percepção musical. Mas também pode ter abordagem do conceito de maneira filosófica, como vemos na citação a seguir:

Falar sobre a natureza daquilo que se constitui como música, ou mais especificamente, do que é a música é uma atividade extremamente sedutora. Essa sedução tem um duplo sentido: por um lado, a música se constitui numa das mais ricas e difundidas atividades culturais da sociedade atual, enquanto que, por outro, ela conserva um caráter de abstração que resiste a qualquer definição fechada ou precisa. (IAZZETTA, 2001).

Definir música não é uma tarefa simples. O tema é abordado de diversas maneiras e podemos encontrar diferentes conceitos espalhados pela *word wide web*. A título de exemplo, em uma busca pela palavra “música” em um dicionário online<sup>7</sup> encontramos as seguintes definições: 1) organização de sons com intenções estéticas, artísticas ou lúdicas, variáveis de acordo com o autor, a zona geográfica, com a época, etc; 2) arte e técnica de combinar sons de

<sup>6</sup> <http://www.alfaconnection.pro.br/fisica/ondas/som/qualidades-fisiologicas/>

<sup>7</sup> <https://dicionariodoaurelio.com/musica>

forma melodiosa; 3) composição ou obra musical; 4) execução de uma peça musical; 5) conjunto de músicos.

Para esse trabalho iremos nos valer da definição de que a música é como uma reunião e combinação de sons, dispostos e ordenados em diversos padrões (ALVES, 2005). Apesar de ser uma definição genérica, a utilizamos justamente por não limitar a música às questões técnicas e/ou filosóficas.

A música é composta por três elementos: melodia, harmonia e ritmo. Cada elemento representa um pilar que em conjunto formam a obra. Identificar cada elemento e compreender sua função é importante para que entendamos a relevância de cada um no processo de representação. Vejamos as definições de alguns autores para os elementos musicais.

A melodia é, para Estrella (2017)<sup>8</sup>, a sintonia principal criada por uma sucessão ou série de notas, e é afetada pelo ritmo e pela altura das notas (*pitch*). Para Alves (2005), a melodia é formada pela sucessão organizada de notas individuais originando frases musicais. De maneira mais direta, Jones (2008) afirma que a melodia é um dos elementos mais simples da música, e descreve a melodia como uma série de notas juntas, umas após outras. Para uma compreensão mais adequada é importante conceituar *pitch*, que é fundamental para a construção da melodia. O *pitch* ou altura de um som é baseado na frequência da vibração do objetivo perturbado para criação do som. Quanto maior a frequência, maior a altura e mais agudo o som é. Inversamente, quanto menor a frequência, menor altura o som tem, o som fica mais grave. É a correlação perceptual da periodicidade dos sons (MCDERMOTT, OXENHAM, 2008).

A harmonia, segundo Jones (2008), acontece quando você tem mais de um *pitch* soando ao mesmo tempo na música. O agrupamento e a ordenação de sons simultâneos que mantêm relação de altura entre si é a descrição feita por Alves (2005) para harmonia. De maneira mais simplificada, Med (1996), a descreve como sendo o conjunto de sons dispostos em ordem simultânea. É a harmonia a responsável por criar uma base para os demais elementos da música.

Os conceitos de melodia e harmonia foram abordados para que tenhamos compreensão sobre esses dois “pilares” da música. Para abordar o elemento *ritmo* iremos fazer uso de uma subseção específica por se tratar de um dos dois focos de representação nos protótipos. Na subseção seguinte iremos abordar os aspectos e conceitos de ritmo musical.

---

<sup>8</sup> <https://www.thoughtco.com/the-elements-of-music-2455913>

### 2.2.1 Ritmo

O ritmo é algo que está associado a diversas formas de representação, como o bater das palmas da mão, ritmo dos batimentos cardíacos, batida dos pés acompanhando uma música, e assim por diante. Nesta subseção abordaremos o conceito de ritmo e qual a relevância desse elemento em uma música.

Segundo Alves (2005), o ritmo é a sucessão de sons com durações curtas ou longas que criam movimento. A autora Priolli (2006) define ritmo como o movimento dos sons regulados pela sua maior ou menor duração. De acordo com Jones (2010), o termo ritmo pode ter diversos significados. Pode ser interpretado como o pulso básico e repetitivo em uma música, um padrão rítmico que é percebido em toda música ou também pode se referir ao padrão no tempo de um pequeno grupo de notas. Ainda segundo Jones (2010) em *The Basics Elements of Music*, a música não pode acontecer sem o tempo:

Music cannot happen without time. The placement of the sounds in time is the rhythm of a piece of music. Because music must be heard over a period of time, rhythm is one of the most basic elements of music (JONES, 2010).

É possível observar que o ritmo é fundamental quando falamos sobre música. Por mais que varie de acordo com a necessidade da expressão de cada autor ou músico, o ritmo permite que sigamos uma cadência, um pulso num determinado tempo que conduz a música.

Dentro do universo das estruturas de ritmo, temos – além das definições de batidas por minuto (BPM), uma série de signos de teoria musical que são inseridos nas escritas de partituras como forma de registro das necessidades rítmicas de cada peça, conforme podemos observar na *Tabela 3*, as representações de duração de cada nota e de pausa:

**TABELA 3 – FIGURAS MUSICAIS**

Valores Positivos: Notas			Valores Negativos: Pausas		
NOTAS	NOMES	VALORES	PAUSAS	NOMES	VALORES
	Semibreve	4 tempos		Semibreve	4 tempos
	Mínima	2 tempos		Mínima	2 tempos
	Semínima	1 tempo		Semínima	1 tempo
	Colcheia	½ tempo		Colcheia	½ tempo
	Semicolcheia	¼ de tempo		Semicolcheia	¼ de tempo

Fonte: blog Pensando música<sup>9</sup>

<sup>9</sup> Acessado em: <http://www.pensandomusica.com.br/2015/12/quialteras.html>

Os signos convencionais em notação musical, como vemos na figura 4, indicam o tempo de cada nota ou pausa que de acordo com a clave (tonalidade de leitura de cada instrumento) vai representar uma nota musical específica. Para instrumentos rítmicos, com exceção dos que possibilitam tocar várias notas, como por exemplo o tímpano sonoro, as notações servem para identificar quando e durante quanto tempo o som deve ser tocado.

Aqui, buscamos representar ritmo por ser o elemento que menos depende das questões subjetivas de interpretação, uma vez que geralmente representa o pulso ou algum dos instrumentos rítmicos da música.

Nesta subseção, tratamos de abordar alguns conceitos sobre ritmo musical e focamos na abordagem que fizemos uso para esta pesquisa. Além de ritmo, procuramos representar a estrutura de arranjo musical. A subseção seguinte aborda o conceito de arranjo musical.

### **2.2.2 Arranjo Musical**

O arranjo musical é a maneira como os sons são organizados em partes e cada parte individual é peça de uma estrutura maior que se une a outras estruturas. Ou seja, é a estrutura da música que é formada por partes individuais. Muller (2015) tematiza esses conceitos, como podemos observar na citação abaixo:

One of the attributes distinguishing music from random sound sources is the hierarchical structure in which music is organized. At the lowest level, one has events such as individual notes, which are characterized by the way they sound, their timbre, pitch, and duration. Combining various sound events, one obtains larger structures such as motifs, phrases, and sections, and these structures again form larger constructs that determine the overall layout of the composition. This higher structural level is also referred to as the musical structure of the piece, which is specified in terms of musical parts and their mutual relations. For example, in popular music such parts can be the intro, the chorus, and the verse section of the song (MULLER, 2015).

Essa estrutura maior formada por diversas partes organizadas e com relação entre si faz uma ligação direta com a maneira com que o autor se comunica com ouvintes, e buscamos essa comunicação através do protótipo construído para os experimentos referentes à validação desta pesquisa.

Analisar estruturas musicais depende de diferentes fatores e em muitos casos podem apresentar problemas distintos porque não existe uma regra que deve ser seguida por todas as pessoas que compõem, mesmo que na música atual os arranjos busquem simplificar partes e apresentem estruturas similares. Consideramos que a maior dificuldade em identificar partes das músicas é que isso depende da complexidade dos arranjos. Alguns apresentam a estrutura

baseada na repetição, outros baseiam-se nas palavras ou instrumentos específicos (MULLER, 2015). Nos valem de arranjos simplificados que apresentam partes de fácil identificação para facilitar a representação nos protótipos.

Abordamos nessa subseção o conceito de arranjo musical ou estrutura da música e apresentamos o motivo de escolhermos músicas com arranjos simplificados. Na seção seguinte trataremos questões sobre a Língua Brasileira de Sinais (Libras) e algumas limitação no que se refere a representação dos elementos musicais que são o objeto do presente estudo.

### 2.3 Libras

Como já citado, o decreto de número 5.296 de 2 de dezembro de 2004, que regulamenta as leis 10.048 e 10.098, define deficiência auditiva como perda bilateral, parcial ou total, de 41dB (decibéis) ou mais, aferida por audiograma nas frequências de 500hz (hertz), 1000hz, 2000hz e 3000hz. Para Alves e Alberto (2016), estudos sobre as questões ligadas às necessidades das pessoas com surdez são importantes porque, estando em minoria na população, suas necessidades são colocadas em segundo plano pelo governo brasileiro.

Segundo Lederberg, Schick E Spencer (2003), as línguas de sinais expressam significado fazendo uso de sinais manuais, movimentos do corpo e postura, e expressões faciais. A LIBRAS – *Língua Brasileira de Sinais* é a língua de sinais oficial do Brasil. Assim como outras línguas de sinais, a Libras tem na constituição e identificação de seus sinais, cinco fonemas: configuração de mão, ponto de articulação, movimento, direção e expressão facial e/ou corporal (MARITAN, 2012).

Além dos gestos e seus fonemas é importante compreendermos que há uma área de sinalização, que corresponde, segundo, Maritan (2012) ao espaço tridimensional que vai da cabeça até a cintura e para fora do corpo até o máximo dos braços estendidos.

Na comunicação em línguas de sinais, esse espaço de sinalização pode ser dividido nos pontos de referência dêitica e no espaço de sinalização neutro. Os pontos de referência dêitica podem ser usados por um sinalizador (isto é, uma pessoa que está representando os sinais) para associar pessoas, objetos ou conceitos em discussão com locais (ou pontos de referência) no espaço de sinalização (MARITAN, 2016).

A comunicação viso-espacial, a que é utilizada pelas pessoas com surdez, tem limitações no que se refere a representar elementos musicais enquanto se está traduzindo alguma outra informação, já que os gestos que traduzem expressões muitas vezes utilizam os dois braços e o tronco, o que dificulta para que o intérprete tenha um gesto constante marcando, por exemplo, o andamento da música. Quando buscamos apresentar ritmo musical

para pessoas surdas utilizando interfaces visuais nos deparamos com a limitação imposta pelos gestos e movimentos dos intérpretes, justamente pelo fator citado anteriormente, de que é difícil manter um gesto durante toda a tradução de uma música.

Quando partimos para tradução ou representação automática por avatares a dificuldade é ainda maior do que no caso de intérpretes humanos, porque temos as limitações da própria construção das animações que, geralmente, não são desenvolvidas para dar informações de elementos musicais na própria estrutura do avatar. A utilização de outros elementos na tela ajuda a representar as informações de ritmo e estrutura de arranjo precisamente porque são inseridos signos especificamente para essas finalidades.

Na seção 2.3, tratamos do conceito de Libras, formas de representação gestuais e problemática envolvendo a atuação de gestos. Na seção 2.4, trataremos dos trabalhos relacionados que servem de referência teórica direta para o desenvolvimento desta pesquisa, o que ajuda no fortalecimento teórico nos processos ligados aos protótipos.

## **2.4 Trabalhos Relacionados e Estado da Arte**

Uma revisão da literatura foi realizada a fim de identificar o estado da arte da área de conhecimento da qual este trabalho faz parte - um estudo sistemático da representação musical foi o resultado, destinado à publicação como um artigo científico.

Em paralelo ao levantamento bibliográfico, foram realizados estudos a fim de verificar as diferentes possibilidades para representar elementos musicais (ritmo e estrutura de arranjo) por meio de sinais visuais e gestuais. Estes estudos irão apoiar a definição de um conjunto relevante de artefatos que serão usados no desenvolvimento de um dicionário para representação visual de ritmo e estrutura de arranjo; darão suporte a ferramentas de conversão etc.

Fizemos uso de *strings* de busca, palavras-chave de cada área abordada no trabalho. Dividimos entre os conhecimentos necessários por área e seguimos buscando em periódicos científicos e instituições com banco de dados de artigos científicos. Porém, a maior parte dos textos e trabalhos que serviram como base foram encontrados em buscas diretas por palavras na ferramenta de buscas da empresa Google.

As áreas de conhecimento que dividimos foram: artes, computação, comunicação, neurociência, música, multimídia, mídias digitais, edição e tratamento de áudio e vídeo, metodologias de coleta de dados e análise de dados.

O uso de palavras-chave possibilitou um melhor resultado nas buscas por material de referência. Fizemos uso das seguintes: *music visualization*, representação musical, notação musical; música, elementos musicais, questionários para levantamento de dados, e análise de dados EEG. A busca por artigos científicos foi efetuada em páginas como: ACM<sup>10</sup> – *Association for Computing Machinery*; IEEE<sup>11</sup> – *Institute of Electrical and Electronics Engineers*; Google Acadêmico<sup>12</sup>; além do recurso citado no buscador da Google.

A fim de identificar trabalhos tematicamente relacionados à nossa pesquisa - que faz parte da linha de estudos em arte computacional -, realizamos uma revisão bibliográfica e separamos nesta seção os artigos que serviram como inspiração.

O artigo *Creating Access To Music Through Visualization* (FOURNEY et al., 2009) propõe uma possibilidade de apresentação de música para pessoas surdas, denominada *music visualization*. Abordando a problemática acerca da acessibilidade de pessoas surdas de nascença, pessoas que perderam audição ou com audição muito comprometida, os autores comparam *music visualization* em três aplicações distintas: iTunes; Music Animation Machine; e Motion Pixels of Music. Aplicando os experimentos lançando mão de 18 protótipos de *music visualization* geradas nos *players* citados, os autores tiveram importantes resultados que servem de base para o desenvolvimento das próximas etapas desta pesquisa. Representações como *piano roll* ( demonstra com as teclas do piano na vertical, qual a nota, sua duração e intensidade) e outras que têm seu foco em notas musicais (o tempo das notas não apresentaram resultados) ou muitas informações simultâneas foram consideradas entediantes. O artigo ressalta a importância da precisão no *design* que leva a um estágio de entretenimento.

O trabalho *Uma Proposta de Protocolo de Codificação de LIBRAS para Sistemas de TV Digital* (LEMOS, 2011) propôs um dicionário de elementos para a representação visual de sinais de Libras, que pode ser previamente armazenada no usuário receptor de TV digital, reduzindo os requisitos de largura de banda para o uso de aplicativos baseados no VLibras em ambientes de TV Digital. O documento apresenta um conjunto de estratégias para simular entonação de voz, nuances emocionais e efeitos sonoros. Com base na pesquisa contida nesse material, acreditamos ser possível indicar, através de representações visuais no sistema VLIBRAS, ritmo, intensidade e tonalidade musical.

---

<sup>10</sup> acm.org

<sup>11</sup> ieee.org

<sup>12</sup> scholar.google.com.br

O artigo *Deaf Accessibility as a Service: uma Arquitetura Elástica e Tolerante a Falhas para o Sistema de Tradução VLIBRAS* (FALCÃO et al., 2014) descreve o uso do VLibras como uma solução gratuita de tradução do Português para Língua Brasileira de Sinais (LIBRAS). O VLibras é um sistema de tradução automática livre de Português para Libras. Uma pessoa surda instala o aplicativo e pode usá-lo para traduzir um texto selecionado arbitrariamente de outro *software* ou de qualquer outro lugar onde se tenha um texto em português. Depois de selecionar a área a ser traduzida, o usuário ativa a aplicação Vlibras e automaticamente um avatar animado é exibido com a tradução em Libras. O aplicativo também é capaz de traduzir o texto de legendas fechadas e legenda em tempo real. Esse artigo descreve o processo de desenvolvimento inicial do serviço Vlibras e serviu de referência para a compreensão do serviço e das possibilidades de representação fazendo uso de sua interface visual.

O trabalho *An Enhanced Musical Experience for the Deaf: Design and Evaluation of a Music Display and a Haptic Chair* (NANAYAKKARA et al. 2009) apresenta um mecanismo destinado a melhorar a experiência de realização de música por pessoas surdas usando um dispositivo chamado de *cadeira haptic* e um *display* que exibe efeitos visuais correlacionados com a música transmitida pela cadeira. Nos experimentos, os autores fazem a transmissão de três músicas diferentes usando a *cadeira haptic* e visualização de forma sincronizada de diferentes efeitos visuais. Os resultados mostraram que os voluntários preferem o uso da *cadeira haptic* sem a exibição visual apresentada nos experimentos. É importante acrescentar que o estímulo visual no artigo, não tem sincronia ou aponta correlação entre o conteúdo transmitido através da cadeira *haptic* e o conteúdo visual. As informações visuais não foram inseridas de maneira que representassem algum elemento musical.

O trabalho *Auris: System for Facilitating the Musical Perception for the Hearing Impaired* (ARAÚJO, BATISTA, 2016) é a primeira publicação oriunda do projeto Música para Surdos, o qual desenvolve o Auris System. O artigo faz um apanhado sobre o desenvolvimento e arquitetura do sistema e o método de validação utilizando EEG, fazendo uso do *software* Mixed in Key<sup>®</sup> para relacionar as músicas escolhidas para os testes com o sentimento que é transmitido através da tonalidade geral da amostra. Assim, os autores apresentam tabelas que identificam qual área do cérebro é ativada no momento em que as músicas são apresentadas aos usuários. Segundos os autores, os resultados dos testes foram animadores, mas ressaltam que, mesmo assim, o caminho para uma representação com maior eficiência ainda é longo.

Em *Visual Stimuli Activate Auditory Cortex in the Deaf* (FINNEY, et al., 2001), os autores tratam da possibilidade de resposta do córtex auditivo através de estímulos visuais. Segundo os autores do trabalho, outros estudos demonstraram que, através de estímulos táteis e auditivos, o córtex visual de indivíduos cegos apresentou reação. O trabalho apresenta uma metodologia de validação que utiliza estímulo óptico através de um ponto em determinado padrão que alterna entre esquerda e direita no campo visual, em dois grupos. Depois, fazem o registro da atividade cerebral dos usuários utilizando um aparelho de ressonância magnética. Os resultados comprovam que assim como acontece uma reorganização no cérebro das pessoas cegas que estimulam o córtex visual através dos sentidos táteis e auditivos, em pessoas surdas o córtex auditivo também é ativado por estímulos visuais.

Apresentamos os principais trabalhos que serviram como referência direta para o desenvolvimento das atividades referentes a nossa pesquisa. Os trabalhos que buscaram representar algum elemento musical aos que trabalharam com representação para pessoas surdas, serviram para aprimorar e desenvolver nosso embasamento teórico e a metodologia apresentada.

No próximo capítulo, trataremos da metodologia utilizada no desenvolvimento da pesquisa e apresentaremos a metodologia de coleta de dados para validação dos protótipos de representação de ritmo e estrutura de arranjo musical.

### **3 METODOLOGIA DA PESQUISA**

A seção de metodologia da pesquisa descreve os métodos utilizados no desenvolvimento das atividades e dos procedimentos metodológicos dos experimentos. Esta seção foi dividida em duas partes. A primeira trata da metodologia da pesquisa utilizada para o desenvolvimento dos experimentos. A segunda trata da metodologia utilizada para validação das hipóteses com base nos dados recolhidos na aplicação dos protótipos.

Seguindo a referência de Gil (1994 *apud* ALMEIDA, acessado em 2017), o método científico no qual a presente pesquisa se encaixa é o indutivo, pois faz uso do conceito de desenvolvimento do conhecimento empírico. É classificada como pesquisa aplicada por ter como objetivo a aplicação prática na solução do problema de interação entre pessoas com surdez e conteúdo sonoro. O problema é tratado de forma qualitativa levando em consideração não apenas os resultados quantitativos, mas procurando entender as subjetividades envolvidas na problemática discutida. Os procedimentos técnicos são tratados como na pesquisa-ação, mediante a participação de voluntários que, de modo cooperativo/participativo, ajudam no desenvolvimento da pesquisa.

#### **3.1 Procedimentos Metodológicos**

Descreveremos nesta seção os procedimentos metodológicos utilizados para o desenvolvimento das atividades relacionadas aos experimentos, construção dos protótipos e métodos de coleta de dados.

##### **3.1.1 Experimentos**

Os experimentos para validação das hipóteses – desenvolvidos a partir de hipóteses discutidas previamente - de representação foram divididos em duas etapas: 1) avaliar o método de análise para aprimoramento da metodologia de validação, apresentar três modelos de representação rítmica, apresentar um modelo de representação de arranjo musical, identificar se os ouvintes e os surdos percebem correspondência entre as sugestões de representação de ritmo e do arranjo das músicas e analisar quando os usuários surdos começam a identificar interação do avatar com a música; 2) corrigir as sugestões e método de análise com base nos resultados do primeiro teste com o grupo de surdos; aplicar as modificações nas representações de acordo com o resultado da primeira etapa de testes com o

intuito de avaliar se as representações são adequadas para os usuários surdos; além de apresentar uma segunda representação de estrutura de arranjo musical.

Descrevemos aqui a sequência de apresentação do conteúdo para os dois grupos, deixando a discussão sobre os apontamentos na devida seção de resultados e considerações finais.

#### 3.1.1.1 Perfil dos Usuários

A primeira etapa foi realizada com dois grupos de pessoas com idades entre 20 e 35 anos. O primeiro grupo contou com a participação de 8 pessoas ouvintes, sendo 6 homens e 2 mulheres. O segundo grupo foi formado com 4 pessoas surdas, todos do sexo masculino (o grupo de não-ouvintes foi ampliado na etapa seguinte da pesquisa). A divisão dos grupos foi uma decisão metodológica para que fossem validados, primeiro por ouvintes, os métodos de representação que propomos para primeira etapa dos testes. Levando em consideração que todos os usuários ouvintes tinham contato com música, foi importante utilizar esse *background* para termos como base das sugestões visuais.

Foi aplicado o mesmo questionário para os dois grupos e apresentadas as animações desenvolvidas anteriormente, com as sugestões de representação. De modo geral, o objetivo dos testes é otimizar a representação de elementos musicais da animação baseada em avatar, de modo que o conjunto de gestos e artefatos visuais possam mudar de acordo com os resultados dos testes. Os testes foram realizados em usuários com diferentes níveis de surdez, buscando, assim, mais eficiência no resultado e abrangendo o maior número de situações em que o sistema será aplicado.

A segunda etapa foi realizada com um grupo de 4 pessoas surdas que já haviam participado da etapa anterior dos experimentos. Julgamos importante manter os mesmos voluntários surdos porque precisávamos alcançar um resultado ótimo para as representações. Para este intuito, foi necessário que a segunda etapa fosse uma evolução do protótipos baseados nas escolhas feitas pelos usuários na primeira etapa.

O questionário aplicado nessa etapa procurou ser desenvolvido para que as questões fossem mais diretas e com foco na decisão entre as representações contidas na primeira etapa de experimentos e as modificações ocorridas a partir dos resultados da primeira etapa.

### 3.1.1.2 Instrumentos de Pesquisa

Animações de referência foram desenvolvidas em forma de protótipos<sup>13</sup> artesanais, com base em representações existentes de música para as pessoas surdas e utilizando o conjunto previamente definido de elementos visuais. A captura dos gestos e os procedimentos de animação foram realizados pela equipe do projeto LibrasKE, que capturou imagens dos gestos referentes às músicas e, a partir disso, uma equipe de animadores do projeto copiou os gestos feitos pelos intérpretes. Após esse processo, inserimos as sugestões de ritmo e estrutura de arranjo musical utilizando o *software* da empresa Adobe After Effects CC e o *Software* de edição de vídeo da empresa Apple Final Cut Pro X .

As músicas utilizadas para os experimentos foram: Zen (Anitta), Carimbó da Penha (Seu Pereira e Coletivo 401), Amor da Gota (Os Gonzagas) e Xote Mei-de-feira (Beto Brito). A animação da música Zen foi baseada na interpretação de Nathália Dourado<sup>14</sup>, que disponibilizou o vídeo no site *youtube.com*. As outras músicas foram interpretadas e animadas pela equipe do projeto LibrasKE. Com o intuito de limitar o tempo de cada vídeo a ser exibido, dando mais dinamismo aos experimentos e agilizando o processo de animação, as músicas foram editadas, utilizando *software* da Empresa Ableton Live 9 Suite, para que cada uma tivesse o tempo de duração de 1 minuto e 30 segundos.

O enquadramento das informações foi observada tendo como sustentação a problemática que trata do posicionamento para que o conteúdo fique dentro no limite periférico do olho. Segundo Eisner (2012), é nesse momento de encapsulamento que o artista exerce sua habilidade narrativa. Os vídeos exibidos para os voluntários dos testes tinham em seu centro o avatar do VLibras, uma *timeline* que segue a sincronia entre a parte estrutural da música (intro, refrão, verso, conclusão) e o seu tempo, destacando cada parte com uma cor diferente. Foi definido que todas as introduções e conclusões seriam representadas pela cor amarela, os versos representados pela cor laranja e o refrão pela cor vermelha, como pode ser observado na figura 3.

---

<sup>13</sup> Vídeos apresentados: 1ª etapa <https://goo.gl/7zbS4P> ; 2ª <https://goo.gl/xSUX8f>

<sup>14</sup> <https://www.youtube.com/watch?v=QggBhm7Szyo>

**FIGURA 3 – REPRESENTAÇÃO DE RITMO E ESTRUTURA DE ARRANJO<sup>15</sup>**

Fonte: elaborada pelo autor.

A sequência de exibição foi definida seguindo o método de apresentar primeiro o vídeo em que o avatar tem menos interação com a música, mas identifica de maneira gestual o início da mesma. Em uma situação comum de uso de animações automáticas para tradução do português para Libras, o avatar não demonstra gestualmente quando a música começa, ele traduz palavras e/ou expressões, o que no caso de uma música com introdução não falada o usuário só tem sua imersão a partir das primeiras palavras que aparecem na música, mantendo assim o espectador surdo desconectado do conteúdo por não ter algum tipo de representação sendo exibida na tela. Sendo assim, no primeiro vídeo o avatar começa a gesticular em sincronia com o ritmo da introdução da música e no decorrer faz poucas interações rítmicas devido à dificuldade de movimentação do avatar para traduzir e demonstrar o pulso da música.

Seguindo a mesma linha de raciocínio que sugere a interação com o usuário surdo desde o primeiro som da música, o segundo vídeo demonstra ritmo e estrutura de arranjo. O ritmo é representado de duas maneiras: por uma elipse e pelo próprio avatar que se move no pulso da música. A música começa com um acorde (formação a partir de três notas tocadas de maneira simultânea ou em arpejos) de violão e em seguida começa a ter palavras. Em alguns trechos em que a música não tem palavras o avatar permanece se movimentando de acordo com o ritmo musical.

Na segunda etapa apresentamos os protótipos que foram desenvolvidos com uma nova sugestão de arranjo e com as representações de ritmo que já haviam sido testadas na primeira etapa, com o objetivo de confrontar as representações e desenvolver o protótipo final com o resultado ótimo.

---

<sup>15</sup> Protótipo de representação visual de ritmo e estrutura de arranjo apresentados no quarto vídeo da primeira etapa dos testes.

Nos experimentos da segunda etapa, apresentamos seis protótipos em vídeos com apresentação de ritmo e estrutura de arranjo musical, na sequência e disposição que veremos abaixo:

- 1) dois vídeos foram apresentados com a representação de ritmo que também indica a intensidade com uma elipse (além do ritmo demonstrado pelo avatar) e duas formas de representação de arranjo musical, nas figuras 4 e 5;

**FIGURA 4<sup>16</sup> – REPRESENTAÇÃO DE ARRANJO E RITMO 1**



Fonte: elaborada pelo autor

**FIGURA 5<sup>17</sup> – REPRESENTAÇÃO DE ESTRUTURA DE ARRANJO 2**



Fonte: elaborada pelo autor em conjunto com editor<sup>18</sup>

---

<sup>16</sup> A figura 3 apresenta as representações de ritmo e estrutura de arranjo musical utilizadas na primeira etapa dos experimentos, mas que também foram usadas na segunda etapa.

<sup>17</sup> A figura 4 apresenta as mesmas representações de ritmo, mas representação de arranjo musical diferente do primeiro vídeo.

<sup>18</sup> A edição da imagem foi executada em parceria com o editor Michael Rieg.

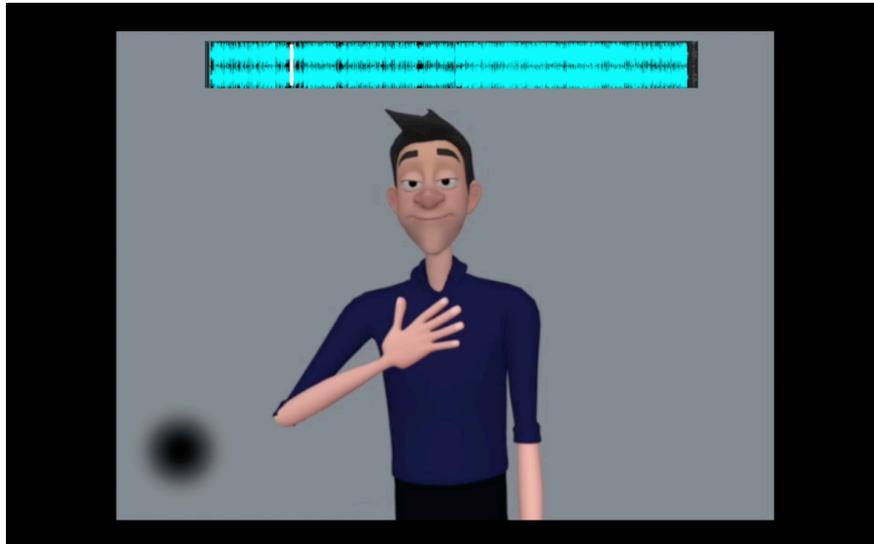
- 2) dois vídeos foram apresentados com representação de arranjo distintas, com ritmo musical sendo apresentado igual no avatar, mas com elipse preenchida marcando o pulso da música, sem interação com a intensidade, nas figuras 6 e 7;

**FIGURA 6 – REPRESENTAÇÃO DE RITMO E ARRANJO MUSICAL 3**



Fonte: elaborada pelo autor

**FIGURA 7 – REPRESENTAÇÃO DE RITMO E ARRANJO MUSICAL 4**



Fonte: elaborada pelo autor.

- 3) dois vídeos foram exibidos com a segunda representação de arranjo, mas com diferenças entre as representações de ritmo. O primeiro apresentou a marcação do pulso da música com uma elipse preenchida e o segundo apresentando o ritmo e a intensidade com uma elipse vazada, nas figuras 8 e 9.

**FIGURA 8 – REPRESENTAÇÃO DE RITMO E ARRANJO MUSICAL 5**

Fonte: elaborada pelo autor

**FIGURA 9 – REPRESENTAÇÃO DE RITMO E ARRANJO MUSICAL 6**

Fonte: elaborada pelo autor

Os vídeos, na segunda etapa, foram exibidos com o intuito de obtermos o resultado ótimo tanto de ritmo quanto de arranjo musical. Desse modo, apresentamos os protótipos e fizemos as análises focando na decisão dos usuários.

Nessa subseção do capítulo de metodologia, tratamos dos métodos de apresentação dos protótipos na segunda etapa dos experimentos. Na subseção 3.1.1.4, trataremos das questões relacionadas à representação de ritmo musical.

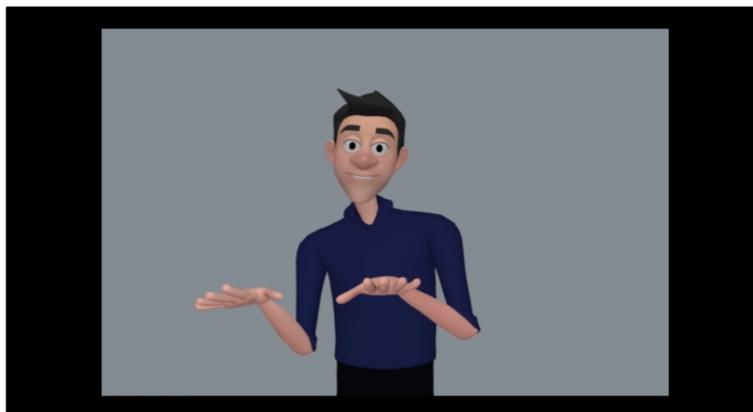
### 3.1.1.3 Representação de Ritmo Musical

O ritmo, segundo Alves (2005), é a sucessão de sons com durações curtas ou longas que criam movimento. Portanto, para ritmo musical, é preciso uma informação que esteja em

sincronia com o pulso da música, dentro de um espaço em que se agrupa um tempo forte seguido de alguns tempos mais fracos (ALVES, 2005). O uso de formas e cores para representar tempo ou notas é comum, principalmente, na educação musical para surdos. No trabalho de Souza (2016), o autor desenvolve o que denomina de *Baião Visual*, que lida com o ensino de ritmo (pulso) baião utilizando formas geométricas e cores, montando uma partitura adaptada para os alunos seguirem fazendo uso do próprio corpo como instrumento percussivo.

Na primeira etapa de testes (foi realizada mais uma etapa) foram sugeridas três formas de representação do ritmo musical. A exposição do ritmo da música feita pelo avatar (figura 2) foi a primeira apresentada para os voluntários, partindo da hipótese de que uma representação com uma figura comum teria menos complicadores. Logo no primeiro vídeo exibido, o avatar interage com o ritmo da música através de gestos indicando o andamento.

**FIGURA 10 – PRIMEIRO VÍDEO APRESENTADO<sup>19</sup>**



Fonte: elaborada pelo autor.

No segundo vídeo temos a sugestão de utilização de uma elipse preenchida na cor preta no canto superior esquerdo, que varia de tamanho para representar o tempo forte no início da recontagem do compasso quaternário (formado por um tempo forte seguido de três tempos fracos). É importante salientar que todas as músicas estão em compasso quaternário. Na referida representação, a primeira elipse que é exibida tem um tamanho 20% maior do que as três subsequentes, representando assim o tempo forte.

---

<sup>19</sup> Representação visual do ritmo utilizando apenas o avatar.

**FIGURA 11 – TERCEIRO VÍDEO APRESENTADO NA PRIMEIRA ETAPA DOS TESTES<sup>20</sup>**



Fonte: elaborada pelo autor.

A sugestão seguinte de representação do ritmo foi exibida lançando mão de uma elipse sem preenchimento, variando de tamanho de acordo com o batimento de frequências que transitam entre 20hz (hertz)(sub-grave) e 2khz (kilohertz) (médio-agudo). As frequências mais baixas representadas com um crescimento da elipse e as mais altas com um crescimento maior. Assim, quando a frequência mais baixa é apresentada na música a elipse fica no tamanho máximo e, quando não, ela reduz de tamanho. Na exibição ela foi posicionada no canto inferior esquerdo, como vemos na Figura 12.

**FIGURA 12 – QUARTO VÍDEO APRESENTADO NOS TESTES<sup>21</sup>**



Fonte: elaborada pelo autor.

Apresentamos três formas de representar ritmo: 1) o ritmo sendo exibido pelo avatar; 2) interagindo apenas com o pulso da música, não tendo referência de nenhum instrumento específico do áudio relacionado; 3) demonstrando o ritmo baseado em frequências graves, o

<sup>20</sup> Representação visual de ritmo utilizando o conceito de contagem do compasso quaternário.

<sup>21</sup> Representação visual do ritmo posicionado na parte inferior esquerda.

que tem relação com os instrumentos que comumente são utilizados para dar ritmo às músicas. No caso específico do vídeo apresentando a elipse vazada, em sua maioria estavam sincronizadas com o instrumento zabumba, como pudemos observar, tendo bons resultados que serão apresentados na *seção 4.1*.

Na segunda etapa, apresentamos os protótipos de representação, objetivando o resultado ótimo da decisão dos usuários entre duas das três representações de ritmo (a representação de ritmo através do avatar esteve presente em todos os vídeos). Buscamos direcionar as representações e fazer a apresentação na sequência que julgamos adequada seguindo o método descrito no capítulo 3 deste trabalho.

Nessa subção tratamos dos métodos para reprodução de ritmo e descrevemos os métodos para a apresentação dos protótipos. Na subseção seguinte abordaremos a metodologia.

#### 3.1.1.4 Representação de Estrutura de Arranjo

O uso da expressão “arranjo musical” segue a lógica empregada no trabalho de Blatter (1980 *apud* PEREIRA, 2011), que distingue entre transcrição e arranjo. De acordo com o autor, a transcrição seria o processo de pegar uma composição e a transcrever nota por nota para outro meio. Segundo Pereira (2011), o uso da palavra “arranjo” permite maior flexibilidade na manipulação de elementos estruturais. Deste modo, definimos como arranjo a representação da estrutura geral da música sem necessariamente precisarmos representar cada nota e/ou instrumento.

De maneira informacional, é proposta uma ligação com a estrutura da música que informa de maneira resumida o tamanho e a duração da obra, como também de cada parte de sua estrutura. Fizemos uso da proposta de representação de arranjo em dois dos quatro vídeos exibidos, no terceiro e quarto, respectivamente. Decidimos inserir a informação a partir do terceiro vídeo para que o ritmo fosse o foco nos dois primeiros, já que tínhamos duas sugestões para testar. A partir do terceiro vídeo (mesmos signos foram usados no terceiro e quarto vídeos) foi inserida uma *linha do tempo* que separa a música em partes e atribui uma cor para cada uma das seções. Foi definido que todas as introduções e conclusões seriam representadas pela cor amarela, os versos representados pela cor laranja e o refrão pela cor vermelha. A escolha das cores não está relacionada especificamente à tonalidade da música. O uso das cores referidas serviu apenas como forma de indicar separação das partes na música.

**FIGURA 13 – REPRESENTAÇÃO DE ARRANJO MUSICAL APRESENTADA NO TERCEIRO VÍDEO<sup>22</sup>**



Fonte: elaborada pelo autor.

A partir da segunda etapa de experimentos utilizamos uma metodologia diferente, separando as partes da música com uma única cor, dessa forma obedecendo a tonalidade da música e seguindo a correlação entre cores e tonalidade musical, como encontramos demonstrado no trabalho de Macedo (2009), onde o autor converte frequências de som (música) de 28hz a 4khz para luz (cor) de 400nm (nanômetro) a 700nm.<sup>23</sup>

Conforme citado na introdução deste trabalho, a associação entre música e cor é mediada por emoção (PALMER, SCHLOSS, XU, PRADO-LÉON, 2013). Logo, direcionar a representação de arranjo com base na tonalidade da música, o que geralmente indica a energia ou sentimento da obra, pode representar com maior eficiência a informação desejada. Para este intuito, é possível que nas próximas etapas a representação de arranjo musical siga uma tonalidade de cor principal e que as mudanças entre as partes sejam indicadas com maior ou menor saturação.

**FIGURA 14 – REPRESENTAÇÃO DE ARRANJO NA SEGUNDA ETAPA**



Fonte: elaborada pelo autor

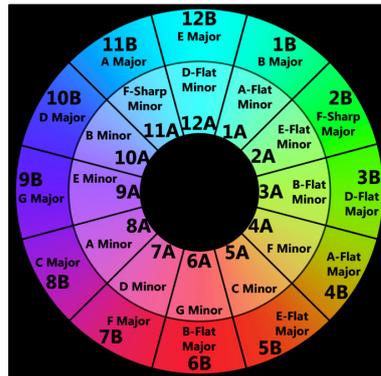
Na figura 14, observamos a segunda representação de arranjo que foi apresentada na segunda etapa dos testes dos protótipos com os usuários surdos. Fizemos uso da *Camelot wheel* (figura 15) que foi desenvolvida pela equipe do *software Mixed in key* com o intuito de

<sup>22</sup> Ritmo musical sendo representado pelo avatar e representação de arranjo apresentada no terceiro vídeo nos experimentos.

<sup>23</sup> O autor do estudo citado escolheu tais frequências por serem, aproximadamente, as frequências de tessitura de um piano.

facilitar a identificação da tonalidade da música para que *Disc Jokeys* (DJ) desenvolvessem mixagens harmônicas<sup>24</sup>. Cada número corresponde a uma tonalidade e a letra ao lado do número afirma se o tom é maior ou menor. A imagem que fizemos uso segue esse método mas tem cores mais saturadas, o que nos permite identificar melhor a cor referente à tonalidade, como vemos na figura abaixo.

**FIGURA 15 – CAMELOT WHEEL**



Fonte: Retirada do site *Designbyhumans.com* no perfil Pinhead66<sup>25</sup>

Além da tonalidade e da cor, precisamos definir um padrão para saturação equivalente à energia da música (valores gerados pelo Mixed in key). Por exemplo, quando a energia for máxima, a cor estará na saturação máxima. Quando ela tiver energia menor que a máxima a saturação da cor será equivalente. Para isso, utilizamos o *software* Mixed in key, gerando uma tabela de tonalidade e energia de cada trecho da música.

**TABELA 4 – ENERGIA E TONALIDADE**

NAME	TEMPO	KEY RESULT	ENERGY	QUE POINTS	VOLUME	CLIPPED
verso	93.93	Am	5	8	-8,3 dB	4.048
refrao	94.01	C	4	1	-8,0 dB	2.368
intro	94.03	Am	3	1	-9,1 dB	768
verso	100.00	Em	5	1	-12,1 dB	0
refrao	100.01	Em	5	1	-11,9 dB	0
Intro	100.25	Em	3	1	-13,6 dB	0
final	145.83	E	4	1	-11,1 dB	70
verso	145.98	E	4	1	-11,1 dB	318
refrao	146.04	E	4	1	-10,0 dB	250
intro	146.11	E	4	1	-10,9 dB	54

Fonte: elaborada pelo autor.

A tabela 4 dispõe os trechos das músicas com BPM, tonalidade e energia. Por exemplo, o refrão da música com 94 BPM (bpm aproximado) tem tonalidade C (dó) e energia

<sup>24</sup> <http://www.mixedinkey.com/harmonic-mixing-guide/>

<sup>25</sup> <https://www.designbyhumans.com/shop/t-shirt/men/harmonic-mixing-camelot-wheel/582226/>

4 (linha em destaque). O Mixed in Key define como energia máxima da música o número 5, o que nos levou a definir que quando a energia da parte for 5 (máxima), a cor terá saturação máxima e, quando tiver energia menor, será equivalente a cada número sendo 20% da saturação. De modo que, quando o refrão da música tiver energia 5 e o verso tiver energia 4, o verso terá a cor com 80% de sua saturação. Observando na *figura 14*, é possível identificar três saturações diferentes da mesma cor. A introdução com 60%, o verso com 80% e o refrão com 100% da saturação máxima da cor.

Nessa seção apresentamos os dois protótipos de representação de arranjo musical que utilizamos nos testes com os usuários, além de descrever a metodologia utilizada para definir como foi representado cada trecho das músicas. Na seção 3.2, tratamos dos métodos de validação de que nos valem para os experimentos.

## **3.2 Validação**

A validação das hipóteses foi realizada através de questionários, análise de vídeos capturados e a coleta de dados colhidos através da ferramenta Emotiv que utiliza 14 sensores/eletrodos para capturar impulsos elétricos de regiões do cérebro por via de encefalografia.

### **3.2.1 Validação para Primeira Etapa**

Os objetivos da primeira etapa foram: 1) avaliar o método de análise para aprimoramento da metodologia de coleta de dados; 2) apresentar três modelos de representação rítmica; 3) exibir um modelo de representação de arranjo musical; 4) identificar se os ouvintes e os surdos percebem correspondência entre as sugestões de formas de ritmo e do arranjo das músicas apresentadas; 5) analisar quando os usuários surdos começam a identificar interação do avatar com a música.

A avaliação do método de análise para aprimoramento da metodologia de validação foi feita por todos os usuários. A última pergunta do questionário sugeria que o usuário apontasse pontos para aprimoramento nas próximas etapas, além de relatar a experiência pessoal, caso desejasse.

Com os três métodos de representação rítmica descritos anteriormente neste texto, foi sugerida no avatar e em duas elipses diferentes para que fosse avaliado qual a melhor forma

de representar os elementos em uma segunda validação que descreveremos em uma subseção específica, *3.2.2 Validação para Segunda Etapa*.

O modelo de arranjo, descrito na seção anterior, foi exibido para identificar se há correlação entre a sugestão e o conteúdo exposto, ressaltando partes diferentes na música e atribuindo cores distintas para as partes.

A correspondência entre a sugestão de representação rítmica e de arranjo musical nos protótipos é fundamental para que as informações na tela não sejam conflituosas entre si e entre a sugestão e o conteúdo. Os voluntários avaliaram a correlação analisando principalmente o quarto vídeo, que conta com a maior quantidade de signos simultaneamente.

Em aplicações que têm como objetivo a tradução de português para Libras fazendo uso de um avatar, sem interação com música, quando é colocado um conteúdo que necessita de sincronia (como no caso da música que, geralmente, tem sincronia entre elementos), o avatar traduz apenas as palavras sem obedecer ao andamento da obra e a cadência com que a letra é mostrada. Para solucionar esse problema, sugerimos nos vídeos que as palavras sejam sincronizadas com o momento em que o intérprete da canção cante e que mesmo não havendo palavras a serem traduzidas o avatar indique que naquele momento há informação sonora. No primeiro vídeo apresentado nos testes foi solicitado que o voluntário apertasse um botão em um dispositivo controlador que envia um protocolo MIDI (*musical instrument digital interface*) para o *software* Ableton, que por sua vez registra a informação do momento em que o usuário tocou qualquer tecla do controlador MIDI. Deste modo, foi possível identificar em que momento cada usuário percebeu a primeira interação entre o avatar e o conteúdo musical. Um efeito colateral percebido em 50% dos voluntários surdos foi que alguns tocaram o controlador também para tentar tocar notas em sincronia com as sugestões visuais rítmicas.

### **3.2.2 Validação para Segunda Etapa**

Os objetivos na segunda etapa de validação dos experimentos foram: 1) comparar as representações nos protótipos da primeira com a segunda etapa de experimentos; 2) validar as modificações efetuadas com base nos resultados obtidos na análise dos dados coletados na primeira etapa de experimentos; 3) definir qual, entre as três de ritmo os usuários preferem, do mais preferido para o menos; 4) definir qual das duas formas de arranjo musical apresentados nos protótipos, melhor representa a estrutura da música para os voluntários; 5) obter o melhor resultado de representação.

A partir dos resultados obtidos na primeira etapa de validação das hipóteses, aplicamos as modificações nos protótipos para serem reavaliados. Discutiremos os resultados na *seção 4.1*.

Nessa etapa, apresentamos os vídeos e solicitamos que os usuários definissem quais sugestões conseguiam transmitir a informação de maneira mais objetiva. Fazendo uso do mesmo método de coleta de dados da primeira etapa (questionários, análise de vídeo e EEG), buscamos o resultado ótimo das que são foco deste estudo.

### 3.2.3 Questionários

Os questionários foram aplicados, na primeira etapa, tanto com usuários ouvintes quanto com os surdos (na segunda etapa, só voluntários surdos participaram). É importante salientar aqui que o primeiro teste, funcionou como teste-controle e foi realizado com um músico e psicólogo, no intuito de avaliar tanto o conteúdo do questionário quanto do método escolhido.

Em outras etapas do projeto Música para Surdos no desenvolvimento da Auris Chair tinham sido identificadas algumas dificuldades na aplicação de questionários e por este motivo buscamos evoluir no método de avaliação. A partir do teste-controle algumas modificações foram inseridas no questionário para que os dados coletados tivessem o mínimo de interferência possível de nossa parte, procurando não indicar ou direcionar quaisquer respostas dos voluntários, para que assim obtivéssemos resultados sem contaminação.

As questões<sup>26</sup> apresentadas tratam de dados sociodemográficos e perguntas sobre a experiência do voluntário com as sugestões. Levando em consideração a subjetividade, os usuários tinham algumas linhas para darem respostas abertas. A disposição das perguntas seguiu uma sequência que procurou não antecipar ou direcionar o usuário para as respostas que buscamos.

Na primeira etapa de experimentos os usuários responderam questões abertas sobre o reconhecimento de elementos musicais nos vídeos apresentados e sobre quais daquelas informações tinham ligação com o conteúdo traduzido pelo avatar.

No questionário apresentado na segunda etapa de experimentos, o usuário optou entre três formas de representação rítmica e duas formas de representação visual, em questões que

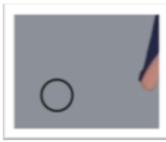
---

<sup>26</sup> Apêndices A e B – questionários apresentados aos voluntários.

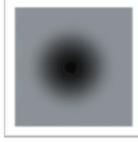
propõem para o voluntário marcar quais das opções prefere ou eleger qual das opções mais gostou, como podemos observar na questão exposta na imagem abaixo:

**FIGURA 16 – QUESTÃO APRESENTADA NA SEGUNDA ETAPA DE EXPERIMENTOS**

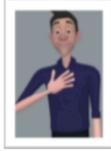
13. Qual das opções de ritmo apresentadas nos vídeos você prefere? Marque na ordem de 1º, 2º e 3º que mais gosta.



( )



( )



( )

Por favor, justifique sua resposta.

---



---



---



---



---

Fonte: elaborada pelo autor

As questões do segundo questionário<sup>27</sup> foram mais diretas, já que eram para escolher entre as sugestões ou para classificar da mais preferida para a menos, conforme vemos no exemplo da figura 15.

Nesta subseção foi apresentado o método de coleta de dados e validação fazendo uso de questionários, o que nos permitiu ter maior segurança nos resultados que apresentaremos e discutiremos no capítulo devido. Na subseção seguinte abordaremos o método de coleta de dados e validação através de filmagens feitas nas duas etapas.

### 3.2.4 Avaliação do Registros de Uso

A utilização de filmagens em pesquisas qualitativas, ou seja, o uso de vídeos como instrumento de coleta de informações é cada dia mais comum, ao passo que tanto os métodos de captura de vídeo quanto o aperfeiçoamento na coleta evoluem (PINHEIRO, KAKEHASHI, ANGELO, 2005). A utilização de filmagem para análise dos experimentos é fundamental, principalmente no contexto de comunicação não-verbal, como vemos na citação:

---

<sup>27</sup> Apêndice B

A comunicação não-verbal abrange cerca de 93% das possibilidades de expressão, em um contexto de interação social, manifestando-se em 38% das oportunidades por sinais paralinguísticos, tais como a entonação da voz, os grunhidos, os ruídos vocálicos de hesitação, a pronúncia, a tosse e o suspiro provocados por tensão; e, em 55%, pelos sinais silenciosos do corpo, como os gestos, o olhar, a postura, a expressão facial, assim como as próprias características físicas, que individualizam o indivíduo dentro de seu contexto específico. Segundo SILVA (2002, *apud* RAMOS e BORTAGARAI, 2012).

A partir das referências teóricas utilizadas para inserir a captura de vídeos no momento dos experimentos, no teste controle e nos quatro testes com os surdos, foi possível coletar dados para análise posterior, o que fortaleceu a validação dos experimentos por termos três coletas de dados.

As filmagens começaram a ser feitas antes do início de cada teste e se estenderam até a conclusão da resposta dos questionários, em momentos em que empregamos também um certo grau de entrevista semi-estruturada - que permite a organização flexível e ampliação dos questionamentos a partir de informações fornecidas pelo entrevistado (FUJISAWA, 2000, *apud* BELEI et al., 2008) -, após a conclusão do usuário, com perguntas direcionadas ao conteúdo dos vídeos mostrados.

As imagens foram capturadas utilizando uma câmera da marca GoPro<sup>®</sup>, série *hero3*. A câmera tem lente grande angular, o que permitiu capturarmos tanto as reações dos voluntários quanto a tela do computador em que foram exibidos os protótipos de representação, para análise futura.

Nesta subseção abordamos a utilização de filmagens como metodologia de captura e análise de dados, procurando desenvolver mais possibilidades de análise de dados gerados em testes com pessoas surdas em cenários comuns aos descritos nesse trabalho. Na subseção 3.2.5, descreveremos o uso de dados de electroencefalograma nesta pesquisa e de que maneira contribui para fortalecer a metodologia de análise.

### **3.2.5 Eletroencefalograma (EEG)**

Há diversos estudos que utilizam eletroencefalograma (EEG) para analisar a atividade de determinadas regiões do cérebro humano para os mais diversos fins. Na seção de trabalhos relacionados contida neste texto, algumas referências tiveram uso tanto no desenvolvimento teórico quanto no método de validação das hipóteses levantadas.

Fizemos uso de um dispositivo de EEG Emotiv<sup>®</sup> que dispõe de sensores que são instalados no couro cabeludo do usuário com o propósito de captar os impulsos elétricos oriundos das regiões de interesse. Tecnicamente, o Emotiv capta o sinal elétrico gerado por

atividade de um grande grupo de células em resposta a uma determinada frequência (som) (BADCOCK, et al. 2013).

**FIGURA 17 – EMOTIV EPOC<sup>28</sup>**

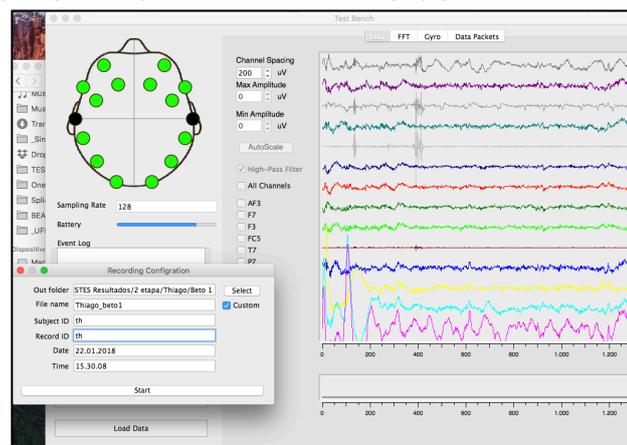


Fonte: researchgate.net

A captura dos dados de EEG seguiram a metodologia utilizada anteriormente (ARAUJO et al. 2017), que procura replicar as instruções contidas em um tutorial do Swartz Center for Neuroscience<sup>29</sup>.

A captura dos dados EEG fazendo uso do Emotiv foi executada com o *software* TestBench versão 1.0, que é produzido pela empresa Emotiv SDK. O TestBench possibilita o monitoramento e a captura da atividade nos sensores do Emotiv. É possível ler ou salvar um arquivo que é gravado por um tempo delimitado pelo pesquisador. No nosso caso, as gravações de EEG tiveram duração de um minuto e trinta segundos em cada demonstração dos protótipos. Para melhor compreensão, vejamos a figura abaixo, gerada a partir de um dos testes realizados.

**FIGURA 18 – CAPTURA DE TELA DO SOFTWARE TESTBENCH**



Fonte: elaborada pelo autor

<sup>28</sup> Disponível em: [https://www.researchgate.net/figure/284031383\\_fig1\\_Fig-1-The-Emotiv-EPOC-and-the-electrodes-location](https://www.researchgate.net/figure/284031383_fig1_Fig-1-The-Emotiv-EPOC-and-the-electrodes-location)

<sup>29</sup> Acessado em: <http://cognitrn.psych.indiana.edu/busey/temp/eeglbtutorial4.301/quickrej.html>

Na figura 18, vemos a captura de tela realizada durante um dos testes. No lado superior esquerdo vemos uma imagem do posicionamento dos sensores, podendo assim monitorar a qualidade do sinal. O *software* utiliza três cores para informar a qualidade do sinal captado: verde para melhor qualidade; amarelo para uma qualidade mediana; vermelho para qualidade baixa; a ausência de cores (preto) para o não recebimento de sinal. No lado direito podemos observar os sinais sendo apresentados em tempo real (considerar pouca latência) e é possível selecionar qual canal deve ser mostrado ou o conjunto deles. No canto inferior esquerdo é possível ler algum dado, ou seja, carregar algum arquivo gravado previamente. E também é possível gravar (salvar) dados. A janela que aparece em destaque, surge quando o pesquisador dá um clique no botão *Save Data*. Nessa janela é possível escolher em que pasta do computador o arquivo será salvo, o nome do arquivo customizado ou padrão, dados de identificação do arquivo, data e hora em que o arquivo é criado. Ao pressionar o botão *start* o *software* começa a gravar a atividade dos sensores do Emotiv e é possível parar a qualquer momento, salvando assim os dados capturados.

Após a captura dos dados EEG, passamos para o estágio de pré-processamento dos dados. Para tanto, fizemos uso de dois *softwares*, o MATLAB<sup>30</sup> versão R2017b e o EEGLAB<sup>31</sup> versão 14.1.1. Segundo a *wikipedia*, o Matlab, desenvolvido pela Mathworks, é um *software* interativo de alta performance voltado para o cálculo numérico. O EEGLAB é uma *toolbox* do Matlab, desenvolvida pelo Swartz Center for Neuroscience da *University of California San Diego*. Segundo a página oficial do desenvolvedor, o EEGLAB fornece interface gráfica e serve para o processamento contínuo e relacionados a EEG, MEG e outros dados electrofisiológicos, incorporando análise de componentes independentes (ICA – *independent component analysis*).

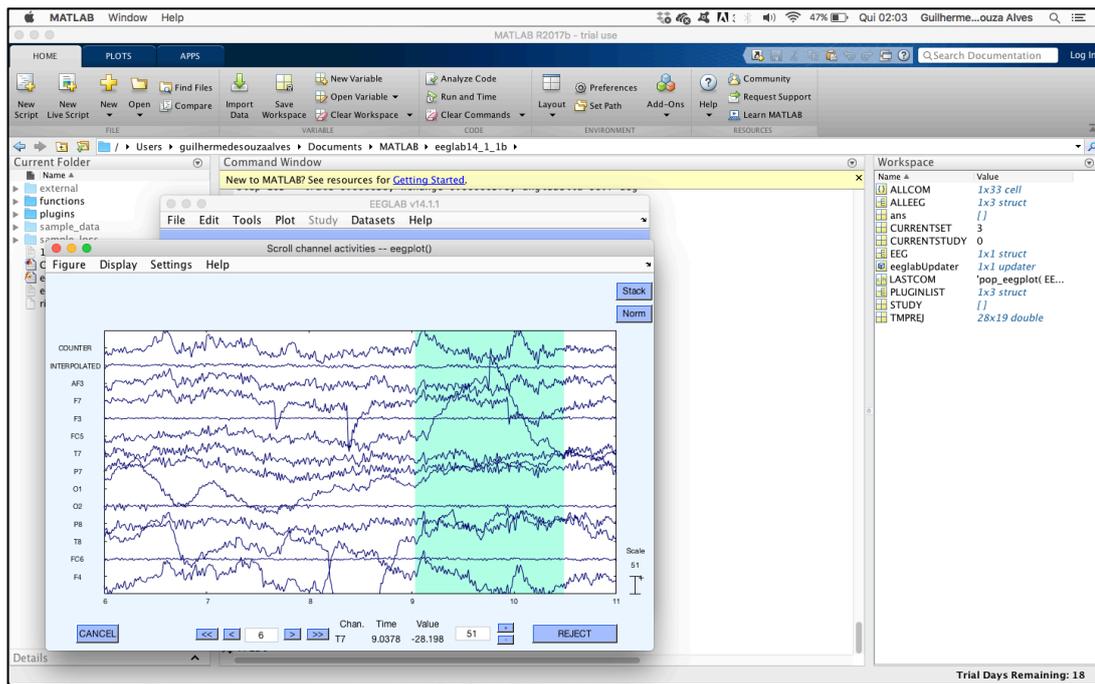
O pré-processamento dos dados de EEG diz respeito à retirada de informações desnecessárias, como eventos ocorridos com o movimento dos usuários do Emotiv, por exemplo. Utilizando o EEGLAB é possível verificar o espectrograma dos canais, selecionar e editar as partes com sinais excessivos, isto é, momentos em que os picos no espectrograma sejam extremos, o que pode indicar fatores como os movimentos de cabeça feitos pelos usuários.

---

<sup>30</sup> <https://www.mathworks.com/products/matlab.html>

<sup>31</sup> <https://scn.ucsd.edu/eeglab/index.php>

**FIGURA 19 – CAPTURA DE TELA DO EEGLAB**



Fonte: elaborada pelo autor

Na figura 19, podemos observar a janela do EEGLAB dentro do Matlab, mostrando uma janela em destaque com o *plot* (impressão) de um trecho de EEG resultante de um dos testes. Na cor verde, há uma seleção de um trecho do espectrograma que demonstra picos extremos que podem influenciar negativamente a análise dos dados. Por isso, é recomendado que esses picos sejam rejeitados. Assim, é necessário seguir passo a passo para que entendamos o processo anterior todo até o momento inicial de análise.

Com os arquivos gerados pelo Testbench, seguimos o procedimento indicado no tutorial<sup>32</sup> do desenvolvedor do EEGLAB, rejeitando artefatos desnecessários e garantindo uma melhor qualidade na impressão das imagens tipográficas que serão exibidas na seção de análise dos resultados. O método<sup>33</sup> é o seguinte:

- 1) iniciar o Matlab;
- 2) digitar EEGLAB na janela de comando e pressionar a tecla *enter*: o EEGLAB aparece como uma janela que pode ser redimensionada;
- 3) importar o arquivo *.edf* gerado pelo Testbench: *File > Import Data*. É importante checar o arquivo em *Plot > Channel Data (scroll)*;

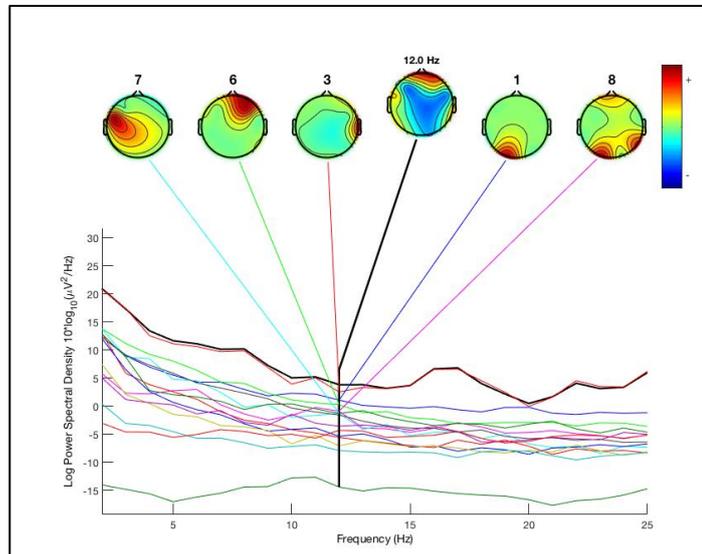
<sup>32</sup> <http://cognitrm.psych.indiana.edu/busey/temp/eeglabtutorial4.301/quickrej.html>

<sup>33</sup> tradução dos procedimentos fornecidos no tutorial do desenvolvedor.



7) Após o pré-processamento dos dados foi possível gerar mapas 2D, 3D e outras formas topográficas, como é possível observar nas imagens abaixo:

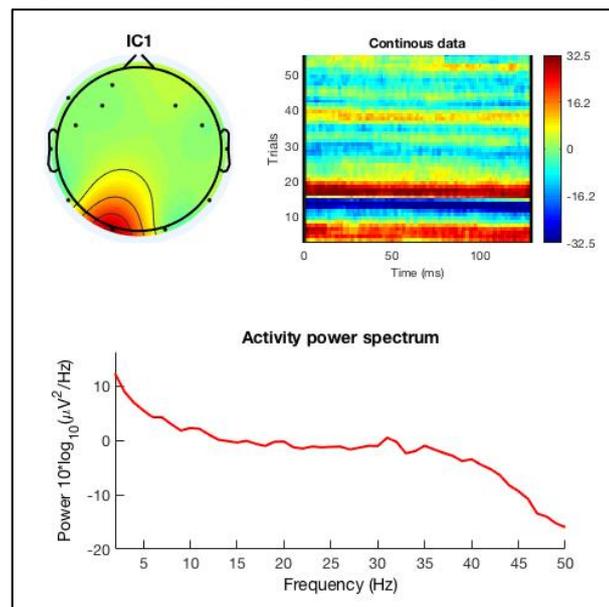
**FIGURA 22 – COMPONENT SPECTRA AND MAPS**



Fonte: elaborada pelo autor.

A figura 22 foi gerada no EEGLAB a partir dos componentes coletados em um dos experimentos da segunda etapa (a título de exemplo), tendo assinalados os sensores que têm atividade na frequência de 12Hz.

**FIGURA 23 – COMPONENTS PROPERTIES**



Fonte: elaborada pelo autor.

Na figura 23, estão as propriedades dos componentes que expõem o *power spectrum* (espectro de potência) dos sensores. Segundo Kramer (2013), o *power spectrum* indica a amplitude da atividade rítmica nos dados em função da frequência. No caso da figura 22, o sensor que teve maior frequência durante o experimento foi o O1, que captura impulsos da região occipital esquerda.

A captura da atividade cerebral para análise posterior fortalece e possibilita melhor análise, com maior profundidade para comparação futura com os resultados obtidos a partir dos questionários e da observação dos vídeos (no caso dos usuários surdos).

Nesta subseção, tratamos da metodologia utilizada para captura, pré-processamento e geração de imagens para análises futuras dos artefatos nos dados capturados nos testes. No capítulo seguinte abordaremos os resultados decorrentes das análises comparativas dos questionários, das filmagens e dos dados de EEG.

## 4 RESULTADOS

A presente pesquisa fez uso de experimentos em duas etapas. Com os resultados dos testes realizados com os grupos de voluntários, têm-se alguns apontamentos e validação de hipóteses.

Como aludido, a coleta de dados foi realizada com questionários, filmagens para observação e análise posterior, e EEG (validação futura). O processamento dos dados oriundos dos questionários e vídeos estão contidos nas tabelas 5 e 6. Os dados do EEG ainda estão em fase de análise no Instituto Internacional de Neurociências Edmond e Lily Safra, parceira do projeto Música para Surdos.

Os vídeos com sugestões de representação de arranjo e ritmo musical são resultado da pesquisa feita por métodos de *music visualization*, o que proporcionou a utilização das sugestões nos experimentos e apontou para mais possibilidades de interação entre pessoas com surdez e conteúdo sonoro através de interfaces visuais.

### 4.1 Resultado dos Questionários e da Avaliação do Registro de Uso

O aperfeiçoamento dos métodos de experimento e coleta de dados utilizados nos testes da primeira etapa do presente estudo é resultado de análise e desenvolvimento a partir de testes em outras etapas do projeto que desenvolve o Auris System. Dessa maneira, a forma de abordagem das questões, o método de disposição e enquadramento no método qualitativo possibilita melhor utilização desta ferramenta em processos de validação semelhantes aos utilizados nesta pesquisa. A utilização de dois grupos de pessoas e a inclusão de ouvintes no método de validação também é resultado da presente pesquisa, com base em experiência anterior de outras etapas do projeto Música para Surdos. Ainda sobre o aperfeiçoamento dos métodos de coleta de dados para os testes, a inserção de captura de vídeo como parte do processo de registro dos testes possibilitou maior capacidade de análise dos dados por estes não serem formados apenas por uma única forma de registro, além de, a partir da avaliação do registro de uso, ser possível analisar a comunicação não-verbal, como citado neste trabalho no capítulo 3, seção 3.2.4.

Como já citado na seção de experimentos, a primeira etapa de testes teve como objetivo: 1) avaliar o método de análise para aprimoramento da metodologia de coleta de dados; 2) apresentar três modelos de representação rítmica; 3) apresentar um modelo de representação de arranjo musical; 4) identificar se os ouvintes e os surdos percebem

correspondência entre as sugestões de representação de ritmo e do arranjo das músicas apresentadas; 5) analisar quando os usuários surdos começam a identificar interação do avatar com a música.

A avaliação do método de análise para aprimoramento da metodologia de coleta de dados foi executada através do teste-controle realizado com o psicólogo e músico voluntário Rieg Rodig, que participou do experimento piloto e possibilitou a discussão sobre o método de aplicação e as sugestões de representação, ajudando a aprimorar tanto a disposição das perguntas do primeiro questionário como a utilização de câmera para capturar a comunicação não-verbal dos voluntários.

O objetivo de apresentar três modelos de representação rítmica foi alcançado. A utilização de duas elipses, a primeira marcando apenas o pulso da música e a segunda representando intensidade e pulso de determinada frequência, possibilitou definirmos qual das duas representações é mais eficiente. De acordo com os resultados, a elipse que representa a intensidade e o pulso é mais eficiente. Além da sugestão utilizando formas geométricas, também foi inserido movimento no avatar para que ele próprio represente o pulso da música, o que se mostrou muito útil pelo avatar ser considerado pela maioria a principal forma de representação dos elementos musicais.

O modelo de representação de arranjo musical foi apresentado em dois dos três vídeos da primeira etapa e se mostrou eficiente apontando a importância do uso de cores para traduzir os sentimentos das partes e possibilitando que houvesse definição de formas de representação que serão apresentadas nos testes seguintes.

Os resultados apontam que todos os voluntários reconhecem elementos musicais na tela e identificaram as sugestões de representação nos vídeos, mesmo os que não entenderam exatamente do que se tratava, como no caso de surdos que não têm conhecimento musical, que fizeram algum tipo de associação entre as representações e o conteúdo traduzido pelo avatar.

No que se refere à identificação de quando o usuário surdo percebe interação entre o avatar e a música, 75% dos usuários marcaram momentos em que o avatar não estava traduzindo palavras, o que reforça a importância de utilização dos métodos de representação, comprovando que quando não há palavras a serem traduzidas, é fundamental que o avatar ou alguma outra forma de representação mantenha o usuário imerso no conteúdo.

A pesquisa leva em consideração a subjetividade do voluntário. É importante compreender que os resultados são preliminares e podem conter erros de interpretação das questões por parte dos voluntários ou até mesmo, os voluntários não entenderem o conceito da

representação. Algumas questões são levadas em consideração na análise destes dados: todos têm o mesmo entendimento sobre elementos musicais? De acordo com os resultados, os músicos ou pessoas com algum tipo de conhecimento musical têm maior facilidade de perceber a representação de algum elemento musical; As pessoas surdas que não têm conhecimento musical entendem o que é ritmo e estrutura de arranjo, ou até mesmo, entendem o que é música? Através dos dados coletados, de maneira preliminar, podemos afirmar que os usuários surdos que têm conhecimento musical também conseguiram perceber as representações distintas com maior facilidade.

**TABELA 5 – RESULTADOS PRELIMINARES DA PRIMEIRA ETAPA**

Identificou...	Ouvintes	Surdos
Música nas representações ou em alguma delas	100%	100%
Ritmo apenas na elipse		25%
Ritmo apenas no avatar	25%	
Ritmo no avatar e na elipse	75%	75%
Sincronismo entre os elementos e a música	100%	50%
Representação de arranjo	75%	75%
Avatar como principal representação	37,5%	75%
Correlação entre elementos e música	87,5%	50%
Que o avatar interage com a música mesmo sem palavras a serem traduzidas	62,5%	50%

Fonte: autor da pesquisa.

A segunda etapa de experimentos apresentou ao grupo de voluntários o resultado do aprimoramento das representações com base nos dados obtidos na primeira etapa, o que possibilitou a comparação, feita pelos voluntários, dos protótipos e avaliação da evolução das propostas de representação. Para tal, foram ajustados os vídeos mantendo as representações rítmicas e acrescentando mais uma representação de arranjo musical, inserindo cores correspondentes à tonalidade e intensidade da música em suas partes, como descrito no

capítulo 3 da metodologia. Nesta segunda leva de testes continuamos utilizando as mesmas formas de captura de dados oriundos dos experimentos.

Apresentaremos aqui os resultados obtidos com a coleta de dados dos questionários e a avaliação do registro de uso, fazendo uso de filmagens realizadas no decorrer da segunda etapa de teste, o que nos permitiu um resultado ótimo dos protótipos de ritmo e estrutura de arranjo musical.

No que se refere à representação de ritmo, os usuários relataram e escolheram do mais preferido para o que menos preferem entre as três sugestões. Vejamos abaixo, o resultado que, segundo os voluntários surdos, melhor representa o ritmo.

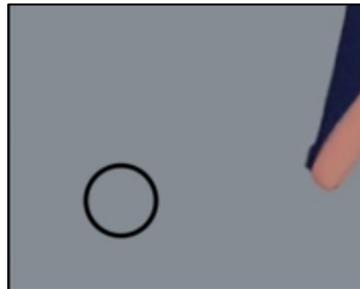
**FIGURA 24 – REPRESENTAÇÃO DE RITMO ATRAVÉS DO AVATAR**



Fonte: autor da pesquisa

\*Na figura 24 está a representação de ritmo que 75% dos usuários surdos escolheram como a melhor representação de ritmo, o avatar.

**FIGURA 25 – Representação de Ritmo através de elipse vazada**



Fonte: autor da pesquisa

\*Na figura 25, está a representação que foi escolhida como a segunda melhor entre as três.

Observamos que os resultados referentes à preferência dos usuários deram indício de que o ritmo sendo representado através do avatar é mais eficiente. A segunda representação com maior preferência foi a que segue as vibrações e intensidade de instrumentos rítmicos,

fazendo uso de uma elipse vazada. A representação que apresenta o pulso da música não foi bem aceita pelos usuários. É importante salientar que um dos usuários não respondeu quais as suas segunda e terceira representações de ritmo preferidas, acreditamos que por não compreender bem a questão.

No referente à representação de arranjo musical, os usuários escolheram a que eles mais gostaram e na que melhor identificam as diferentes partes ou diferentes trechos das músicas apresentadas nos protótipos. Segundo a análise dos dados coletados por questionário, todos os usuários escolheram a representação de arranjo mostrada na figura 24.

**FIGURA 26 – REPRESENTAÇÃO DE ARRANJO ESCOLHIDA PELOS USUÁRIOS**



Fonte: autor da pesquisa

O uso dos questionários e a avaliação dos vídeos permitiu a validação de protótipos de ritmo e arranjo musical, como descrito anteriormente neste capítulo. Na seção seguinte iremos abordar os resultados da coleta de dados por EEG.

#### **4.2 Coleta de Dados por EEG**

A coleta de dados por EEG foi realizada em todas as etapas de validação das hipóteses, acrescentando mais uma possibilidade de registro e análise de dados coletados no momento dos experimentos. A análise dos dados do EEG é um objetivo ainda a ser realizado no futuro, pois a investigação inicial ainda não oferece sustentação para correlação com os dados obtidos nas análises dos questionários e da análise dos vídeos. Contudo, o avanço na avaliação das metodologias de captura de dados contidas nesta pesquisa possibilitaram resultados importantes para desenvolver representações de elementos musicais com maior eficiência.

A metodologia utilizada na coleta de dados teve resultados importantes, porque, como já citado, entre os objetivos desta pesquisa estava a avaliação de métodos de coleta de dados e suas possibilidades. Assim, avaliamos que os mecanismos de captura de informações funcionam como planejado. Entretanto, para obtermos os resultados que comprovem a

correlação entre as hipóteses e o dados EEG, precisamos de abordagens distintas, tendo apontado que mais testes devem ser realizados com foco apenas na coleta de novos dados de electroencefalograma. Observou-se que para análises com maior validade, quando fazemos uso de EEG, se faz necessário que os testes tenham um número maior de participantes e que cada protótipo seja exposto dezenas de vezes para cada indivíduo. Portanto, um maior universo de dados coletados sustenta uma avaliação mais precisa para um mesmo indivíduo, dada a sensibilidade da informação tratada.

Em investigação inicial dos dados EEG, é possível afirmar que há atividade nas regiões F3<sup>34</sup> (frontal), O1 (região occipital esquerda) e O2 (occipital direita), porém, não é possível concluir no sentido de validar com precisão a correta percepção e correlação numérica dos elementos musicais observados e as regiões captadas pelos sensores do Emotiv. A metodologia deve ser, mais uma vez, revisitada para que estudos futuros possam analisar os dados gerados com mais precisão, realimentando assim o processo de construção da representação de elementos visuais.

Como resultado, além da avaliação da metodologia, os dados coletados por EEG serão disponibilizados na página oficial da pesquisa *Música para Surdos*. Os dados serão enviados no formato de arquivo compatível com os *softwares* de análise (.edf), juntamente com todas as informações para replicação e aprimoramentos experimentos, o que permitirá que outros pesquisadores façam uso dos dados coletados. Isso permitirá, investigar se há correlação entre os resultados fornecidos e os dados de EEG. Serão disponibilizados os arquivos originais gerados no Testbench, os dados editados com os artefatos de movimentos rejeitados, as músicas utilizadas, a descrição dos experimentos e método de coleta de dados, vídeos dos experimentos, além deste texto.

---

<sup>34</sup> Com base na metodologia descrita no trabalho de Araújo e Batista (2017)

## 5 CONTRIBUIÇÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

No início da pesquisa tivemos a intensão de contribuir para o desenvolvimento de soluções que visavam a tradução e/ou representação de alguns elementos musicais para pessoas com surdez. O que se mostrou um grande desafio, mostrando como era necessário avançar, mesmo que a “passos curtos”, para diminuir as dificuldades de comunicação de obras audiovisuais com pessoas surdas.

A pesquisa gerou contribuições para solucionar os problemas relacionados ao tema escolhido. Destacamos a validação de hipóteses de representação de ritmo e estrutura de arranjo musical, bem como realizamos a validação e análise das metodologias de experimentos e coleta de dados.

O tema que tratamos nesta pesquisa é desafiador e tem grande possibilidade de desdobramentos para permitir que usuários surdos possam imergir em conteúdos audiovisuais com mais qualidade. Os resultados obtidos demonstram que, apesar de termos avançado, o caminho ainda é longo e requer estudos futuros com maior profundidade.

Como trabalhos futuros buscaremos metodologias de captura de dados EEG que facilitem suas análises e contribuam para melhorar as representações e validação de protótipos, como no caso do *Steady-State Visual Evoked Potencial* (SSVEP), que são sinais que são naturais a estímulos visuais em frequências específicas. Segundo Berverina *et al* (2003), quando a retina é excitada por estímulos visuais dentro de um *range* de frequência de 3.5Hz até 75Hz, o cérebro gera sinais elétricos na mesma frequência do estímulo visual.

Faremos a integração dos resultados obtidos na pesquisa com o *Auris System* para uma imersão ainda maior, entretanto com um custo de sincronismo mais complexo, o que possibilitará uma experiência tátil e visual com a tradução de elementos musicais através dos dispositivos já em fase de testes.

O aprimoramento da metodologia e da possibilidade de utilizar dispositivos EEG mais robustos e precisos. Para tal, daremos continuidade a integração do sistema e utilizando o *feedback* dos estudos desenvolvidos a partir dos dados coletados nesta pesquisa.

Desenvolver um dicionário de signos para representar outros elementos musicais como harmonia, melodia, timbre e aprimorar as representações apresentadas nos experimentos realizados até o momento.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, Edneia Oliveira; ALBERTO, Maria de Fátima P. **Língua como Singularidade na Política Educacional para Surdos. Singularidade Surda: Libras e Política Educacional**. Linguagens & Letramentos, Volume 1, nº2, 2016.
- ALVES, Luciano. **Teoria Musical: Lições Essenciais**. Irmãos Vitale. 2005.
- ALMEIDA, Mauricio B. **Noções Básicas sobre Metodologia da Pesquisa Científica**. Universidade Federal de Minas Gerais - UFMG, <http://mba.eci.ufmg.br/downloads/metodologia.pdf> Acessado em 2017.
- ARAÚJO, Felipe A.; BRASIL, Fabricio L.; SANTOS, Alisson C. L.; JUNIOR, Luzenildo S. B.; DUTRA, Savio P. F.; BATISTA, Carlos E. C. F. **Auris System: Provide Vibrotactile Feedback for Hearing Impaired Population**. BioMed Research International. 2017. 1-9. DOI: 10.1155/2017/2181380.
- ARAÚJO, Felipe A. BATISTA, Carlos E. C.F. **Auris: System for Facilitating the Musical Perception for the Hearing Impaired**. 22º Simpósio Brasileiro de Multimídia e Web - Webmedia, 2016.
- BADCOCK, Nicholas A. MOUSIKOU, P. MAHAJAN, Y. LISSA, P. THIE, J. MCARTHUR, G. **Validation of the Emotiv EPOC® Gaming System for Measuring Research Quality Auditory ERPs**. PeerJ 1:e38; DOI 10.7717/peerj.38, 2013.
- BELEI, Renata A. PAsCHOAL, Sandra R. G. NASCIMENTO, Edinalva N. MATSUMOTO, Patrícia H. V. R. **O Uso de Entrevista, Observação e Videogravação em Pesquisa Qualitativa**. Revista Cadernos de Educação N.30. Faculdade de Educação, Universidade Federal de Pelotas - UFPEL, 2008.
- BEVERINA, Fabrizio; PALMAS, Giorgio; SILVONI, Stefano; PICCIONE, Francesco; GIOVE, Silvio. **User adaptive BCIs: SSVEP and P300 Based Interfaces**. Psychnology Journal, Volume 1, Number 4, 331 – 354, 2003.
- BLATTER, Alfred. **Instrumentation/Orchestration**. Longman Inc, 1980.
- CENSO DEMOGRÁFICO 2010. **Características Gerais da População, Religião e Pessoas com Deficiência**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2010.
- EISNER, Will. **Quadrinhos e Arte Sequencial: Princípios e Práticas do Lendário Cartunistas**. WMF Martins E Fontes, 4ª Edição, 2ª Tiragem, 2012.
- ESTRELLA, Espie. **An Introduction to The Elements of Music**. Thoughtco, 2017. Acessado em 2018: <https://www.thoughtco.com/the-elements-of-music-2455913>
- FALCÃO, Eduardo; MARITAN, Tiago; DUARTE, Alexandre. **Deaf Accessibility as a Service: uma Arquitetura Elástica e Tolerante a Falhas para o Sistema de Tradução VLIBRAS (Deaf Accessibility as a Service: An Elastic Architecture and Fault-Tolerant for Translation System VLIBRAS)**. XII Workshop de Computação em Clouds e Aplicações - WCGA, 2014.
- FINNEY, E. M., FINE, I. & DOBKINS, K. R. **Visual stimuli activate auditory cortex in the deaf**. Nature neuroscience 4, 1171–1173 (2001).
- FOURNEY, David W.; FELS, Deborah I. **Creating Access to Music Through Visualization**. Centre of Learning Technologies. Ryerson University, 2009.
- FUJISAWA, D. S. **Utilização de jogos e brincadeiras como recurso no atendimento fisioterapêutico de criança: implicações na formação do fisioterapeuta**. 2000. Dissertação (Mestrado em Educação)- Faculdade de Filosofia e Ciências, Universidade Estadual Paulista, Marília, 2000.
- GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa Social**. 4ª edição. 207 p. Atlas, 1994.
- IAZZETTA, Fernando. **O Que é Música (hoje)**. I Fórum Catarinense de Musicoterapia. Santa Catarina, 2001.

LÓPEZ, Andrés P. **Music Perception and Cognition**. Music Technology Group. Universitat Pompeu Fabra. 2013.

JONES, Catherine S. **The Basic Elements of Music**. Connections, Rice University. Texas, 2008  
 KARWOSKI, Theodore F; ODBERT, Henry S. **Color-Music**. American Psychological Association. The Psychological Review Company. The Ohio State University, 1936.

KRAMER, Mark A. **An Introduction to Field Analysis Tehniques: The Power Spectrum and Coherence**. Department of Mathematics and Statistics. Boston University, 2013.

LEE, Yunli; FATHIA, Revina Nur. **Interactive Music Visualization for Music Player Using Processing**. 22nd International Conference on Virtual System & Multimedia - VSMM, 2016.  
 BRASIL. Decreto nº 5.296. [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_ato2004-2006/2004/decreto/D5296.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/D5296.htm)  
 Acessado em: 31.07.2017

LEDERBERG, A. R.; SCHICK, B.; SPENCER, A. R. **Language and literacy development of deaf and hard-of-hearing children: Successes and challenges developmental**. Developmental Psychology, n. 49, v. 1, 2013.

LEMOES, Felipe H.; LACET, F.; MARITAN, Tiago.; NETO, Gutemberg B.; LEMOS, Guido: **Uma Proposta de Protocolo de Codificação de LIBRAS para Sistemas de TV Digital**. WEBMIDIA, 2011.

MACEDO, André R. **Espectros Audível e Visível - Proposta de Correspondência**. Universidade Católica Portuguesa - UCP, 2009.

MCDERMOTT, Josh H; OXENHAM, Andrew J. **Music Perception, Pitch, and The Auditory System**. Elsevier. Current Opinion in Neurobiology , 18:1–12, 2008.

MED, Bohumil. **Teoria da Música**. 4ª edição. Bohumil Med. Brasília, 1996.

MULLER, M. **Fundamentals of Music Processing**. Springer International Publishing Switzerland, 2015 DOI 10.1007/978-3-319-21945-5\_4

NANAYAKKARA, S.; TAYOR, E.; WYSE, L., Ong, S. H.: **An Enhanced Musical Experience for the Deaf: Design and Evaluation of a Music Display and a Haptic Chair**. National University of Singapore, 2009

PALMER, Stephen E.; SCHLOSS, Karen B.; XU, Zoe; PRADO-LÉON, Lilia R.: **Music-color associations are mediated by emotion**. PNAS, 2013.

PEREIRA, Fátima V. **Tese: As Práticas de Reelaboração Musical**. Universidade de São Paulo - USP, 2011

PINHEIRO, E. M. KAKEHASHI T. Y., ANGELO M. **O uso de filmagem em pesquisas qualitativas**. Rev Latino-am Enfermagem, 2005. <http://www.redalyc.org/html/2814/281421849016/>

PRIOLLI, Maria L. M. **Princípios Básicos da Música para a Juventude**. 1º Volume – 48ª Edição Revisada e Atualizada. Casa Oliveira de Músicas, 2006.

RAMOS, Ana P. BORTAGARAI, Francine M. **A Comunicação Não-Verbal na Área da Saúde**. Revista CEFAC. 2012 Jan-Fev; 14(1):164-170, 2012.

SILVA, M. J. P. **Comunicação tem remédio: a comunicação nas relações interpessoais em saúde**. 3 ed. São Paulo: Loyola; 2002.

SOUZA, Thompson M. **Ensinando Música à Comunidade Surda: Baão Visual**. Departamento de Educação Musical. Centro de Comunicação, Turismo e Artes - CCTA. Universidade Federal da Paraíba - UFPB, 2016

**APÊNDICE A** – Questionário aplicado com os voluntários da testes

Questionário Sociodemográfico

1. Questionário Sociodemográfico:

1. Idade: \_\_\_\_\_
2. Sexo: \_\_\_\_\_
3. Nacionalidade (Local de Nascimento): \_\_\_\_\_
4. Profissão: \_\_\_\_\_
5. Qual o seu grau de escolaridade?
  - a.  Não estudou
  - b.  Ensino Fundamental incompleto
  - c.  Ensino Fundamental completo
  - d.  Ensino médio incompleto
  - e.  Ensino médio completo
  - f.  Ensino superior incompleto
  - g.  Ensino superior completo
  - h.  Outro: \_\_\_\_\_

Leia com atenção as afirmações e marque a alternativa que mais corresponde à *sua* opinião.

1. Ouvinte  Surdo 
  - a. Você se considera uma pessoa surda? Sim  Não
  - b. Se surdo, você é oralizado? Sim  Não
  - c. Tipo de surdez
    - i. Condução
    - ii. Neurosensorial
    - iii. Mista
  - d. Surdo desde quantos anos? \_\_\_\_\_

2.

	Não Compreende	Compreende Mal	Compreende Mais ou Menos	Compreende Bem	Compreende Muito Bem
--	-------------------	-------------------	--------------------------------	-------------------	-------------------------

Linguagem de sinais (LIBRAS)					
Leitura labial					
Escuta					
Escreve					
Lê					

3. Você possui conhecimento musical? Sim ( ) Não ( )

a. Você já escutou alguma música? Sim ( ) Não ( )

b. Com que frequência você escuta música?

i. Nunca ( )

ii. Pouco Frequente ( )

iii. As vezes ( )

iv. Frequentemente ( )

v. Muito frequentemente ( )

c. Você sabe ler partitura musical? Sim ( ) Não ( )

d. Você conhece notas musicas? Sim ( ) Não ( )

e. Você toca algum instrumento? Se sim, qual? \_\_\_\_\_

4. Já teve alguma experiência com representação de música através de interfaces visuais? Sim ( ) Não ( )

5. Quais informações musicais você encontra na tela? Cite todos, por favor.

---



---



---



---



---

6. Na sua opinião, em qual momento da música o avatar começa a interagir com o som? Como acontece?

---



---

---

---

---

7. Você identifica sincronismo entre os elementos na tela e a música tocada? Se sim, em quais elementos?

---

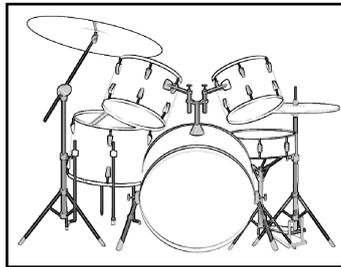
---

---

---

8. Ritmo determina aquilo que tem movimentos regulares, alternando entre sons fortes, fracos e pausas. Comente os instrumentos rítmicos são responsáveis pela cadência da música. Você identificou algum tipo de representação rítmica? Se sim, em quais elementos?

Bateria: exemplo de instrumento rítmico



---

---

---

---

9. Segundo a *wikipedia*, arranjo, em música, é a preparação de uma composição musical para a execução por um grupo específico de vozes ou instrumentos musicais. A estrutura do arranjo contém seções que variam. Você identificou algum tipo de representação do arranjo/estrutura das músicas apresentadas? Se sim, em quais elementos?

---

---

---

---

---

10. Quais informações você identifica como mais úteis?

---

---

---

---

---

11. Você identificou alguma correlação entre as sugestões de representação musical e a música?

---

---

---

---

---

12. Ajude-nos a melhorar para os próximos experimentos. Quais os pontos positivos e negativos no experimento? Alguma sugestão?

---

---

---

---

---

Muito obrigado pela participação!

**APÊNDICE B** – Questionário aplicado com os voluntários da testes

Questionário Sócio-demográfico

1. Questionário Sócio-demográfico:

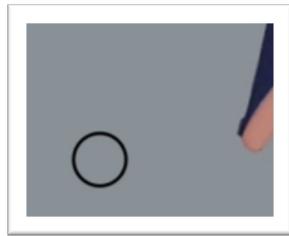
6. Idade: \_\_\_\_\_

7. Sexo: \_\_\_\_\_

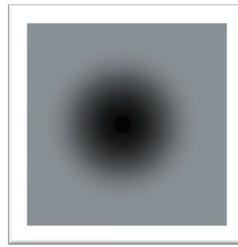
8. Nacionalidade (Local de Nascimento): \_\_\_\_\_

Leia com atenção as afirmações e marque a alternativa que mais corresponde à *sua* opinião.

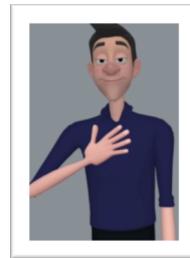
13. Qual das opções de ritmo apresentadas nos vídeos você prefere? Marque na ordem de 1º, 2º e 3º que mais gosta.



( )



( )



( )

Por favor, justifique sua resposta.

---



---



---



---

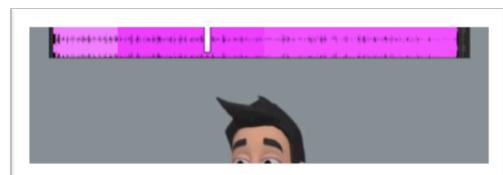


---

14. Qual das representações de arranjo musical (estrutura da música) você prefere? Marque na ordem de 1º e 2º que mais gosta.



( )



( )

Por favor, justifique sua resposta.

---

---

---

---

---

15. Ainda sobre a representação de arranjo musical, você identifica diferentes partes nas músicas através da variação das cores?

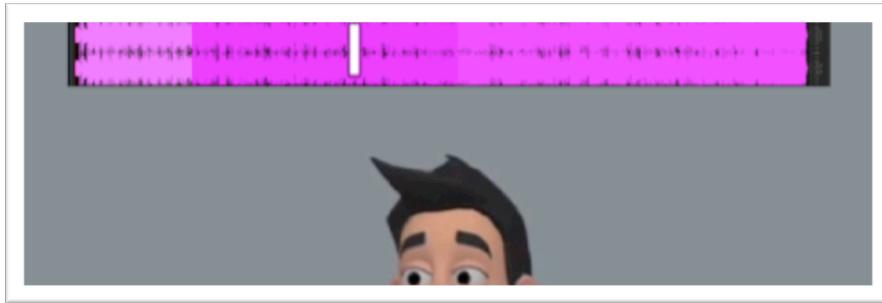
( ) Sim

( ) Não

Se sim, em qual das duas representações é mais fácil identificar quando começa ou termina alguma parte da música?



( )



( )

16. Ajude-nos a melhorar para os próximos experimentos. Quais os pontos positivos e negativos no experimento? Alguma sugestão?

---

---

---

---

---

Muito obrigado pela participação!