

**Universidade Federal da Paraíba
Centro de Informática
Programa de Pós-Graduação em Computação, Comunicação e Artes**

CAIO VINÍCIUS PEREIRA DE SÁ

**AURIS KEYBOARD:
FERRAMENTA DE AUXÍLIO AO TREINAMENTO DE PERCEPÇÃO MUSICAL
PARA PESSOAS SURDAS**

**João Pessoa
Julho / 2019**

Caio Vinícius Pereira de Sá

Auris keyboard: ferramenta de auxílio ao treinamento de percepção 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

Co-orientador: Prof. Dr. Alexandre Magno e Silva Ferreira

João Pessoa
Julho / 2019

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

S111a Sá, Caio Vinícius Pereira de.

Auris keyboard: ferramenta de auxílio ao treinamento de percepção musical para pessoas surdas / Caio Vinícius Pereira de sá. - João Pessoa, 2019.
65 f.

Orientação: Carlos Eduardo Coelho Freire Batista.
Coorientação: Alexandre Magno e Silva Ferreira.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/Informática.

1. Educação Musical. 2. Acessibilidade. 3. Música para surdos. I. Eduardo Coelho Freire Batista, Carlos. II. Magno e Silva Ferreira, Alexandre. III. Título.

UFPB/BC

Caio Vinícius Pereira de Sá

“Auris Keyboard: Ferramenta de Auxílio ao Treinamento de Percepção Musical Tátil 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

João Pessoa, 26 de Junho de 2019



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



Profa. Dra. Juciane Araldi Beltrame
(Examinador Interno - UFPB).

Prof. Dr. Francisco de Paula Barreto
(Examinador Externo - UFBA)

*Dedico este trabalho a minha mãe, pela sua dedicação e empenho
nos ensinamentos para minha vida.*

AGRADECIMENTOS

À minha esposa Merlia Faustino, por sua compreensão e apoio durante esta jornada e para toda a vida.

À minha filha Camila, que mesmo ainda no ventre já nos trás uma enorme alegria.

Ao meu irmão Igo Paulino, que sempre esteve à disposição quando precisei de ajuda.

À minha segunda família, D. Guia, Nayara e Glauber, pela assistência e boa vontade em sempre ajudar quando necessário.

Aos meus avós e tios, pelo carinho e compreensão de minha ausência em alguns momentos. Em especial ao meu tio Humberto (Belô), por assumir um papel importante em minha vida.

Aos professores Alexandre Magno, Thiago Maritan e Valdecir Becker, pelos ensinamentos transmitidos ao longo desta trajetória.

Ao amigo Donately da Costa, pelo compartilhamento de seus conhecimentos e ajuda com o desenvolvimento do protótipo para o projeto.

À todos os colegas de turma, os quais dividimos bons momentos de trabalho e diversão. Em especial a Leandro, Kleriston e Ralmon, pelas longas estradas percorridas nos últimos anos.

Por fim, ao professor Carlos Eduardo Batista (Bidu), pela sua orientação, ajuda e compreensão de sempre.

RESUMO

A presente pesquisa trata do processo inclusão de indivíduos surdos ao ensino formal de música, por meio da tradução da informação sonora em vibração tátil. A partir da compreensão das ferramentas e metodologias já utilizadas para dar suporte ao ensino de música para pessoas surdas, foi possível o desenvolvimento de uma nova ferramenta contendo algumas das principais características exitosas nos estudos anteriores. Realizou-se, então, uma pesquisa qualitativa, com base em experimentos realizados com grupos de indivíduos surdos e ouvintes, que utilizaram o protótipo construído, e geraram informações para sustentar uma análise da capacidade da percepção tátil de elementos rítmicos e melódicos. O uso da ferramenta foi avaliado como positivo para os casos abordados, o que sugere que a tradução do som para vibrações tátteis é possível e pode ser utilizada para atividades relacionadas ao ensino formal de música.

Palavras-chave: Educação Musical. Acessibilidade. Música para surdos

ABSTRACT

The present research deals with the process of inclusion of deaf individuals to the formal teaching of music, through the translation of sound information into tactile vibration. From the understanding of the tools and methodologies already used to support the teaching of music for deaf people, it was possible to develop a new tool containing some of the main successful characteristics in previous studies. A qualitative research was then carried out, based on experiments carried out with groups of deaf individuals and listeners, who used the built prototype, and generated information to support an analysis of the capacity of the tactile perception of rhythmic and melodic elements. The use of the tool was evaluated as positive for the cases addressed, suggesting that the translation of sound to tactile vibrations is possible and can be used for activities related to the formal teaching of music.

Keywords: Music Education. Accessibility. Music for the Deaf

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Capítulo 2

Figura 1 – Onda senoidal.....	22
Figura 2 – Notação musical.....	23
Figura 3 – Propagação de uma onda sonora pelo ar.....	23
Figura 4 – Divisão anatômica do sistema auditivo.....	25
Figura 5 – Distribuição de mecanorreceptores na pele.....	27
Figura 6 – Homúnculo de penfield.....	28

Capítulo 4

Figura 7 – Disposição de elementos da ferramenta	39
Figura 8 – Esquema de montagem da ferramenta.....	40
Figura 9 - Fluxograma de funcionamento da ferramenta	41
Figura 10 – Teclado controlador.....	42
Figura 11 – Arduino e motor <i>vibracall</i>	42
Figura 12 – Teste com voluntário.....	44
Figura 13 – Padrões de percepção rítmica para reprodução.....	46
Figura 14 – Padrões de percepção rítmica para transcrição.....	47
Figura 15 – Padrões para percepção melódica tátil.....	47

Capítulo 5

Figura 16– Modelo proposto para de ferramenta.....	53
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Conversão de unidades.....	41
Quadro 2 – Pares de vibrações para identificação.....	44

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Resultado sobre a distinção entre as vibrações para surdos e não músicos.....	47
Tabela 2 – Resultado da reprodução de padrões rítmicos.....	48
Tabela 3 – Resultado sobre a distinção entre as vibrações para músicos.....	49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 Motivação.....	15
1.2 Organização do trabalho	17
2. O SOM E OS SENTIDOS AUDITIVO E TÁTIL.....	19
2.1 O som.....	19
2.1.1 <i>Parâmetros do som</i>.....	20
2.2 Anatomia da percepção auditiva.....	24
2.3 Anatomia da percepção tátil.....	26
2.4 Conclusão da sessão.....	28
3. EDUCAÇÃO MUSICAL.....	30
3.1 Principais métodos de ensino.....	31
3.1.1 <i>Educação musical para surdos: Um breve histórico</i>.....	32
4. MATERIAIS E MÉTODOS DE PESQUISA.....	37
4.1 Procedimentos.....	37
4.1.1 <i>Experimentos</i>.....	38
4.1.2 <i>Perfil dos voluntários</i>.....	38
4.1.3 <i>Instrumentos de pesquisa</i>.....	39
4.1.3.1 Os testes com surdos e ouvintes não músicos.....	46
4.1.3.2 Os testes com músicos.....	47
5. RESULTADOS.....	49
5.1 Resultados do questionário com indivíduos surdos e ouvintes não músicos.....	49
5.2 Resultados do questionário com indivíduos músicos.....	51
5.3 Conclusão da sessão.....	52
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	55
REFERÊNCIAS.....	58
APÊNDICE A.....	62
APÊNDICE B.....	64
APÊNDICE C.....	65

1. INTRODUÇÃO

Segundo informações disponibilizadas no site do governo federal brasileiro¹, de acordo com o censo de 2010², realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), 9,7 milhões de pessoas possuem algum grau deficiência auditiva no Brasil. Desses, mais de 2 milhões apresentam deficiência auditiva severa, situação em que há uma perda da capacidade auditiva para a faixa entre 70 e 90 decibéis (dB), e quase metade desses afetados por surdez severa é composta por jovens de até 19 anos. De acordo com informações do Censo de 2005 do Ministério da Educação, existiam mais de 66 mil alunos surdos matriculados da educação infantil ao ensino médio, o que representa 0,12% do total de matriculados (FINCK, 2009).

Buscando suprir a demanda gerada por tais números foram criadas as Classes Inclusivas – nestas classes as escolas recebem alunos com necessidades especiais e desenvolvem atividades didáticas diversas com uma agenda de inclusão social. Crespo define a escola inclusiva da seguinte maneira: “A Escola Inclusiva respeita e valoriza todos os alunos, cada um com a sua característica individual e é a base da Sociedade para Todos, que acolhe todos os cidadãos e se modifica, para garantir que os direitos de todos sejam respeitados” (CRESPO, 2005). Dentro da perspectiva demonstrada, as classes inclusivas abrangem as diversas áreas do conhecimento de forma lúdica, fazendo com que os indivíduos não sejam excluídos da possibilidade de aprendizagem.

Uma das atividades desenvolvidas nas escolas de educação básica é o ensino de música, retornando ao currículo após o decreto e sanção da Lei N° 11.769/2008³, que alterou a Lei de Diretrizes e Bases da Educação, reestabelecendo este ensino como obrigatório. Como atividade artística presente nas escolas, a música desenvolve estímulos perceptivos e, geralmente, cria ambientes de interação social. Para Gainza (GAINZA, 1988) “A música é um elemento de fundamental importância, pois movimenta, mobiliza e por isso contribui para a transformação e o desenvolvimento. A música não substitui o restante da educação, ela tem como função atingir o ser humano em sua totalidade”.

Barreto e Chiarelli (BARRETO e CHIARELLI, 2011) descrevem os benefícios da musicalização, para o indivíduo, da seguinte forma:

¹ <http://www.brasil.gov.br/cidadania-e-justica/2016/09/apesar-de-avancos-surdos-ainda-enfrentam-barreiras-de-acessibilidade>.

² Até o presente momento não houve novas pesquisas para atualização dos dados.

³ http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2008/lei/l11769.htm

A musicalização pode contribuir com a aprendizagem, evoluindo o desenvolvimento social, afetivo, cognitivo, linguístico e psicomotor da criança. A música não só fornece uma experiência estética, mas também facilita o processo de aprendizagem, como instrumento para tornar a escola um lugar mais alegre e receptivo, até mesmo porque a música é um bem cultural e faz com que o aluno se torne mais crítico. (BARRETO e CHIARELLI, 2011, p.1).

Mesmo com a implantação do ensino de música nas escolas, as aulas de música para alunos surdos encontram algumas dificuldades que vão além da restrição física do aluno. Em sua pesquisa, Cruz (1997) relata que os problemas podem ser desde ordem estrutural, quando não há espaços adaptados e equipamentos adequados, ou de ordem conceitual, quando há despreparo por parte dos professores ou mesmo por desinteresse de alguns alunos. Para que haja resultados produtivos, o ensino de música para indivíduos surdos nas classes inclusivas, deve se valer de adaptações das metodologias de ensino musical e também da utilização de ferramentas que auxiliem o desenvolvimento das atividades em sala de aula, buscando despertar o interesse de todos os envolvidos. Quando ofertadas as condições adequadas de educação com equipamentos e professores preparados para esta diferença, o estigma de que pessoas surdas não podem participar de atividades musicais desaparece (HAGUIARA-CERVELLINI, 2003).

Atualmente as metodologias de ensino têm contado com o auxílio de meios tecnológicos que contribuem para processo de ensino e aprendizagem, para Melo (MELO, 2014) estas tecnologias desempenham papel fundamental e podem ser desenvolvidas para atender a todos na maior extensão possível.

Com o avanço e acessibilidade das ferramentas de auxílio aos métodos de ensino, surgiu o questionamento que norteou esta pesquisa: *De que modo uma ferramenta tecnológica pode auxiliar o ensino formal de música para a comunidade surda?* Para resolução de tal questionamento há a necessidade de conhecimentos interdisciplinares em música (noções sobre melodia, ritmo e pedagogia do ensino musical), computação (manipulação de ferramentas que possam traduzir os conceitos musicais) e fisiologia (compreensão das estruturas biológicas de recepção e tradução de estímulos táteis), tornando possível a elaboração de hipóteses a serem testadas através de experimentação.

O trabalho tem como objetivo geral auxiliar a acessibilidade dos surdos ao ensino formal de música. Propondo formas de representação do som para esta comunidade, promovendo a

inclusão dos mesmos em turmas regulares. O que torna esta pesquisa em uma possibilidade de ampliação ao projeto do sistema Auris desenvolvido pela Universidade Federal da Paraíba - UFPB.

Para que tal objetivo, citado anteriormente, seja alcançado, se faz necessário realizar alguns procedimentos, especificados da seguinte maneira:

- Compreender as ferramentas e metodologias utilizadas para o suporte ao ensino de música para pessoas surdas.
- Analisar as possibilidades da relação entre a percepção auditiva e a percepção tátil para o ensino formal de música para pessoas surdas.
- Construir uma ferramenta de acessibilidade ao ensino de música para indivíduos surdos.

Os objetivos descritos justificam-se pela atual situação do panorama de acessibilidade para surdos e a necessidade de implementar novas ferramentas que possam auxiliar o ensino dos mesmos.

1.1 Motivação

O presente trabalho propõe um complemento às ferramentas desenvolvidas pelo Projeto *Auris*, que buscam oferecer mecanismos de acessibilidade musical para pessoas surdas. Atualmente o projeto *Auris* conta com protótipos destinados a conversão de sons de músicas em vibrações tátteis e uma animação onde um *avatar* realiza gestos visuais. Segundo ARAÚJO et al. (2017), dentre os componentes que formam o sistema desenvolvido pelo projeto destacam-se a cadeira *Auris Chair*, que emite vibrações através de amplificadores posicionados estrategicamente (que emitem o som da música filtrado), o bracelete *Auris Bracelet*, que oferece a possibilidade de representação de melodia e harmonia através de interface tátil (*haptics*). Recentemente o sistema incorporou o *software Auris Visual* (ALVES, 2018), que representa informações musicais por meio de um *avatar* que representa informação verbal através da Linguagem Brasileira de Sinais – LIBRAS – além de oferecer guias visuais sobre o ritmo da música (o *avatar* se movimenta de acordo).

A habilidade da percepção musical não é algo inerente ao indivíduo ouvinte, e para desenvolver tal habilidade é necessário treinamento. Segundo Brown e Denney (1997), a música pode beneficiar uma criança surda em muitas áreas de sua vida, promovendo experiências significativas e que farão parte da identidade cultural, que será construída também a partir disso. Assim, sem exposição à música, as crianças surdas perderão uma parte valiosa da instrução cultural. Para as autoras, os sentidos remanescentes podem ser utilizados pelos indivíduos surdos para compreender e apreciar a música.

Segundo Pierre Shaeffer (SHAEFFER, 1966) há quatro modos de audição, dispostos na seguinte ordem de complexidade: *escutar* (referente ao reconhecimento da fonte sonora); *ouvir* (perceber através dos ouvidos, escuta passiva e constante); *entender* (referente à intencionalidade do ouvinte) e, por fim, *compreender* (reconhecimento do significado do som, de seu sentido). A percepção musical, como treinamento auditivo para o indivíduo, passa por todos os níveis citados anteriormente, sendo o último o estágio almejado pelo músico que deseja identificar adequadamente quais as partes que constituem uma música.

Segundo Lacorte (2005, p. 138) “a concepção de percepção musical nas escolas e conservatórios de música relaciona-se frequentemente à capacidade do aluno de representar a grafia sonora do discurso musical corretamente”, deste modo, o ensino musical adota uma ordem de complexidade dos elementos, que constituem a música, para assim os transmitirem, em forma de exercícios, aos indivíduos.

A música é composta por três elementos base, que são, harmonia, melodia e ritmo. Para Priolli (PRIOLLI, 1986) a definição destes elementos são as seguintes: a *melodia* é sucessão dos sons/frequências que formam o sentido musical, a *harmonia* é a combinação de frequências emitidas de forma simultânea e o *ritmo* é o movimento do som por sua maior e menor duração. Podemos elencar estas definições de acordo com o grau de dificuldade para a compreensão da percepção musical como disposto a seguir:

1. Ritmo: variações da duração sonora, porém sem especificação de frequência.
2. Melodia: variações de duração e presença de frequências específicas, de forma isolada.
3. Harmonia: combinação de frequências específicas, distintas e simultâneas.

Com a ferramenta desenvolvida será possível executar as variáveis ritmo e melodia, assim como nos *instrumentos melódicos*⁴. Deste modo, os estudos iniciais acerca da percepção tátil podem utilizar uma forma gradativa de complexidade, ao realizar os testes com indivíduos surdos e ouvintes, a fim de obter dados necessários para análise da significação da ferramenta para ambos.

O aspecto harmônico da percepção não será abordado nesta pesquisa, já que o mesmo (para os ouvintes) possui características emocionais atreladas, algo inserido e trabalhado no ensino da percepção musical há séculos, mais precisamente a partir do período renascentista, com a Teoria dos Afetos. Esta teoria diz, por exemplo, que um acorde pode conter em sua característica sonora: tristeza, alegria, discórdia. Segundo Aristóteles, a música possuía qualidade de transmitir impressões e criar diversos estados de ânimo. (GROUT & PALISCA, 2007).

Portanto, considerando a música para surdos como um campo em exploração inicial, a harmonia, como elemento musical, poderá ser abordada em pesquisas futuras, a fim de entender sua significação própria para a comunidade.

1.2 Organização do trabalho

Este trabalho está dividido em três capítulos principais. No capítulo 2, denominado O som e os sentidos auditivo e tátil, apresenta-se ao leitor os conceitos básicos para a compreensão de como ocorre o fenômeno físico do som e sua relação com a música. Posteriormente é descrito a fisiologia dos sentidos auditivo e tátil, demonstrando um ponto comum entre ambos.

O capítulo 3 discorre sobre a educação musical, seus principais métodos de aplicação e como os mesmos puderam ser aplicados aos indivíduos surdos ao longo do tempo. Neste foi abordado, os principais procedimentos e ferramentas utilizados para que o aluno surdo tenha acesso ao ensino de música.

O capítulo 4 discorre sobre os procedimentos metodológicos utilizados, como: tipo de pesquisa, objetivos, perfil dos usuários participantes, instrumentos utilizados processo de coleta de dados. Neste também ficaram registrados os resultados obtidos quanto à percepção tátil dos grupos de indivíduos participantes.

⁴ Instrumentos que só podem executar uma nota de cada vez, ex.: saxofone e flauta.

Por último no capítulo 5 estão apresentadas algumas discussões a cerca dos resultados obtidos e sugestões para possíveis utilizações futuras da ferramenta desenvolvida.

2. O SOM E OS SENTIDOS AUDITIVO E TÁTIL

O ensino de música para deficientes auditivos encontra, na ausência da audição, uma das maiores barreiras para a eficácia do mesmo. Porém, cabe ressaltar que, a percepção do som não se restringe apenas ao sentido da audição, o mesmo também pode influenciar em outros sentidos, a exemplo do tátil, que pode ser estimulado quando um indivíduo toca em objeto emissor de som ou até mesmo pelo fenômeno de ressonância, na qual corpos de mesma frequência tendem a vibrar em conjunto, dada sua proximidade (FINCK, 2009). Haguiara-Cervelline descreve a musicalidade do indivíduo da seguinte forma:

Musicalidade é a possibilidade que o homem tem de expressar a música interna, ou entrar em sintonia com a música externa, por meio do seu corpo e seus movimentos, por meio da sua voz, cantando, do tocar, do perceber um instrumento sonoro musical ou não, ou de uma escuta musical atentiva. (CERVELLINE, 2003, p.75)

Deste modo, ao longo do tempo, os educadores musicais buscaram formas de adaptar as metodologias tradicionais às necessidades do aluno surdo. Por tanto, para entendermos de que forma essas adaptações podem ser realizadas, e sugerir novas ferramentas de auxílio, é importante conhecer os aspectos físicos do som, anatomia e fisiologia das percepções auditiva e tátil, e as metodologias tradicionais de ensino musical.

2.1 O som

Para Ibañez (IBAÑEZ, 2010) o som enquanto fenômeno físico pode ser entendido como propagação de um movimento ondulatório em seu meio elástico ou compressão mecânica de uma partícula. Sua existência e transmissão ocorrem apenas em meios materiais, podendo ser detectada pelo sistema auditivo, dependendo da sua frequência.

Considerado como a matéria prima para a música, Med descreve o som e o processo de percepção auditiva da seguinte forma:

O som é a sensação produzida no ouvido pelas vibrações de corpos elásticos. Uma vibração põe em movimento o ar na forma de ondas sonoras que se propagam em todas as direções simultaneamente. Estas atingem a membrana do tímpano fazendo-a vibrar.

Transformadas em impulsos nervosos, as vibrações são transmitidas ao cérebro que as identifica como tipos diferentes de sons. (MED, 1996, p.11)

Para essas condições de existência do som podemos elencar três elementos considerados fundamentais que são: emissor, meio e receptor.

O emissor tem a finalidade de produzir distúrbios no meio, que será compreendido pelo receptor. É importante notar que o meio influencia na qualidade do distúrbio, pois afeta a maneira como as ondas irão se propagar. Estes distúrbios, considerados de natureza mecânica, ocasionadas pelo movimento das moléculas, são caracterizados por compressões e rarefações. Esse movimento é relacionado com uma onda de pressão que se propaga no meio. As ondas mecânicas podem ser classificadas de duas formas: longitudinais, onde as moléculas movem-se na mesma direção de propagação da onda; e transversais, quando as moléculas se movem perpendicularmente a essa direção. Ondas sonoras são do tipo longitudinal as quais se propagam por uma série de compressões/descompressões em um meio, comumente pelo ar. Estas ondas geram características também conhecidas como parâmetros do som, que podem ser identificados pelo receptor, por suas características particulares.

A música ocorre a partir do momento em que há organização e manipulação dos parâmetros som utilizando objetos destinados para este fim, como os instrumentos musicais, ou não, como na música moderna que adiciona sons do cotidiano para compor uma obra musical, técnica conhecida como paisagem sonora.

2.1.1 Parâmetros do som

O termo parâmetros do som refere-se aos elementos que o compõe e que podem ser medidos. Estes elementos são citados por Oliveira e outros autores em:

[...] as propriedades que caracterizam o som são a altura, duração, intensidade e timbre. Evidencia-se, atualmente, que as três primeiras propriedades possuem uma métrica que torna possível “medir” a atuação daquelas propriedades no evento sonoro. Por exemplo, a frequência pode ser medida em hertz (Hz), a intensidade em decibel (dB) e a duração em segundo (s), por exemplo. Para o caso do timbre surge, aparentemente, uma certa dificuldade em elaborar uma organização similar. (OLIVEIRA; GOLDEMBERG; MANZOLLI, 2008, p.2)

Cada parâmetro possui uma definição individual que juntas tornam possível o fenômeno físico do som, que são identificados por Ibañez (IBAÑEZ, 2010) como:

- Altura: é determinada pela frequência de uma onda, referindo-se a quantas vezes por segundo a mesma completa um ciclo, representada pela unidade de medida Hertz (Hz);
- Intensidade: refere-se à amplitude de uma onda sonora, a distância que vai do eixo central a crista da onda (representada pela letra A) como demonstrado na figura 1;
- Duração: determinada pelo tempo de vibração que uma onda sonora por ter;
- Timbre: caracterizado por um composto de frequências, de menor intensidade, somadas à frequência fundamental, estas determinam a identidade sonora de um corpo emissor.

A altura é a característica mais fundamental de todas as características do som, apesar da pulsação rítmica estar relacionada aos fenômenos periódicos da natureza como o batimento cardíaco, o caminhar, além de ser classificado como elemento mais antigo da prática musical (MENEZES, 2003).

O conceito de intensidade está intrínseco a determinados aspectos como a noção de volume, energia, força, amplitude e dinâmica musical. Podemos relacionar que o aumento da intensidade está diretamente ligado ao aumento da pressão da atmosfera exercida pela amplitude da massa sonora.

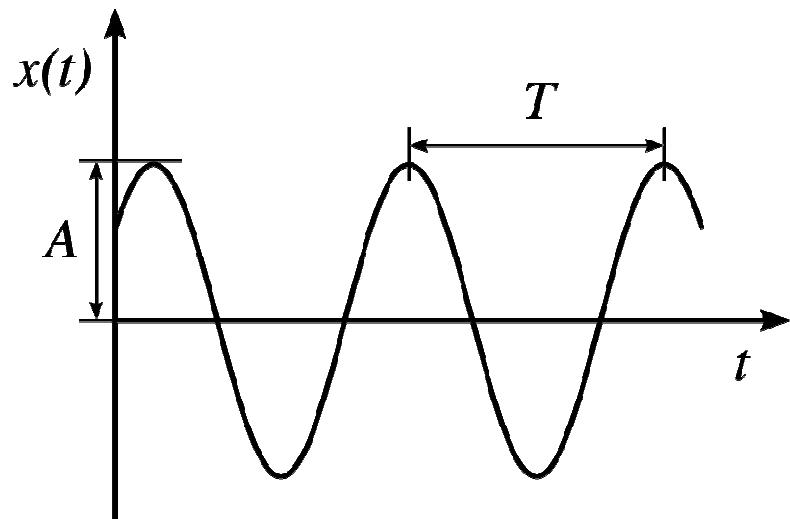
A duração é uma característica que atinge não apenas o som, mas também a ausência do mesmo. Este parâmetro torna possível a compreensão de ritmos, contornos melódicos, assim como o silêncio, este último muito explorado como estética por compositores como John Cage e Stockhausen.

O timbre é representado por um somatório de ondas senoidais, sendo estas, múltiplas exatas da frequência fundamental (harmônicos), formando as chamadas ondas complexas. Este é o responsável pela identidade sonora que os corpos podem emitir, permitindo assim que o indivíduo possa diferenciar os sons.

Quando ouvimos música, estamos, de fato, percebendo estes atributos citados. Cada um destes pode ser alterado sem influenciar os demais.

Uma onda sonora pode ser representada graficamente em um plano cartesiano da seguinte forma:

FIGURA 1 – ONDA SENOIDAL

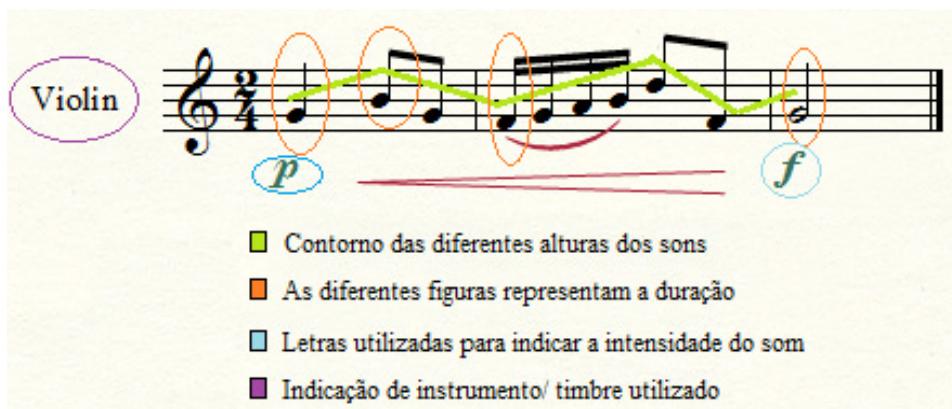


Fonte: [https://nl.wikipedia.org/wiki/Fase_\(golf\)](https://nl.wikipedia.org/wiki/Fase_(golf))

A onda senoidal, considerada a forma de onda mais simples, normalmente representa os fenômenos ondulatórios. Nesta pode-se visualizar mais facilmente e compreender os conceitos de amplitude, frequência e duração.

A música, segundo Grout e Palisca (2007), é uma forma de arte que se constitui basicamente em combinar sons e silêncio seguindo uma pré-organização ao longo do tempo. Tal organização acontece com a representação dos parâmetros do som no sistema de notação musical, pelo qual, o compositor pode descrever as notas em: duração, intensidade e timbre desejado. O sistema de notação musical ocidental pode ser exemplificado da seguinte forma:

FIGURA 2 – NOTAÇÃO MUSICAL

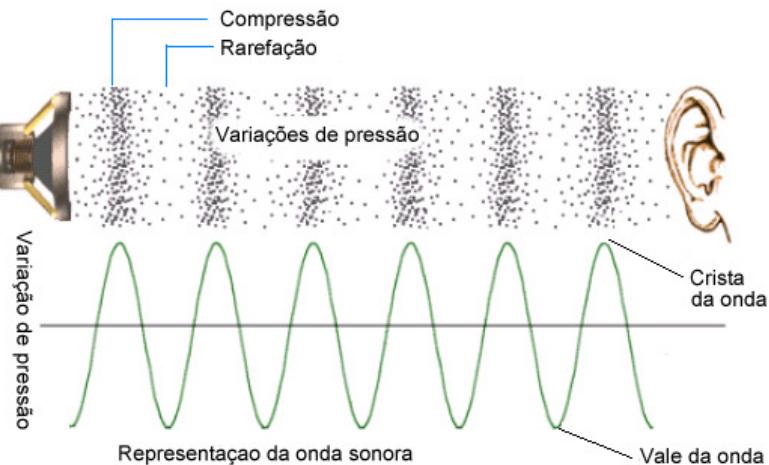


Fonte: o autor da pesquisa

A onda sonora necessita de um meio físico, sólido, líquido ou gasoso, para se propagar, sendo assim considerada uma onda mecânica. Quanto à direção, estas ondas são classificadas como longitudinais, pois a direção das partículas faz-se na mesma direção da onda gerada (PIUBELLI, 2010).

Um som emitido por uma fonte qualquer gera vibrações, compressão e rarefação, nas moléculas do ar, fazendo com que esta frequência chegue ao receptor, como visto na figura a seguir:

FIGURA 3 – PROPAGAÇÃO DE UMA ONDA SONORA PELO AR



Fonte: A Escola Parque do Conhecimento de Santo André⁵

⁵ Acessado em : <http://www2.santoandre.sp.gov.br/hotsites/sabina/index.php/a-sabina/experimentos/123-pagina-experimento-som-vibracao>

Descrever os parâmetros do som é importante para a compreensão de sua atuação como fenômeno físico e como poderemos traduzir os parâmetros escolhidos para a ferramenta de auxílio ao ensino de música por meio da percepção tátil.

A decodificação, ocorrida no cérebro, das ondas sonoras que chegam até os nossos ouvidos, ocorrem por meio de processos envolvendo diversas estruturas específicas. Estes processos serão detalhados na sessão a seguir.

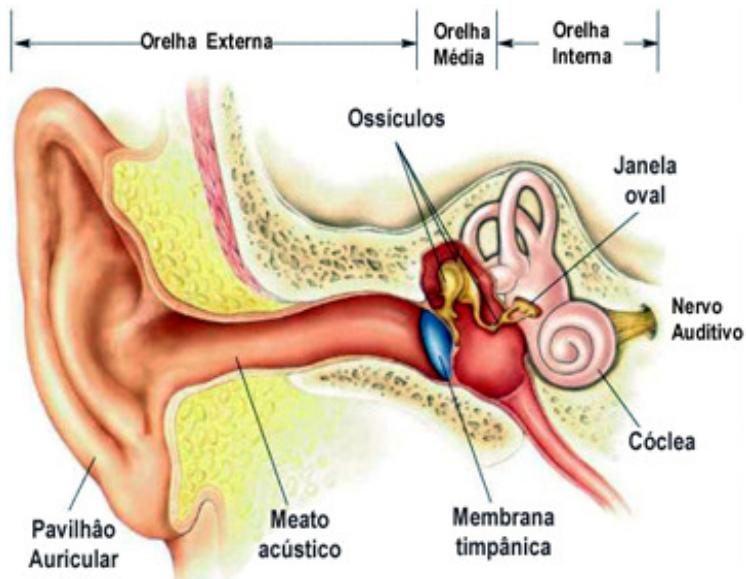
2.2 Anatomia da percepção auditiva

Para que o indivíduo escute, uma quantidade considerável de eventos preciso acontecer: um som audível deve ser produzido, deve haver um meio para que esse som se propague e atinja o seu aparelho auditivo, este deve funcionar e transmitir as informações do som (frequência, amplitude, timbre) para o nervo auditivo. Este último, por sua vez, deve conduzir tais informações, via células auditivas, para o encéfalo que interpretará o som.

A gama de frequências, as quais o ser humano pode detectar, estão compreendidas entre 20 Hz e 20.000 Hz, devido a características próprias da cóclea, mais especificamente, à membrana basilar dentro dela, que não vibra com sons fora dessa faixa de frequências. O intervalo de frequências captado por outros animais não é similar ao nosso. Os elefantes utilizam infrassons (frequências abaixo de 20 Hz) como forma de comunicação, podendo ser feita a quilômetros de distância (RODRIGUES, 2010). Já os morcegos têm faixa de audição começando em 10.000 Hz e indo até cerca de 120.000 Hz. As frequências acima de 10.000 Hz têm comportamento extremamente direcional e reflexivo, características que se tornam ainda mais acentuadas nos ultrassons, frequências acima de 20.000 Hz.

O nosso sistema auditivo está localizado no crânio e possui funções fundamentais para os seres humanos como o equilíbrio e a audição. É dividido em três partes: a orelha externa, orelha média e orelha interna como pode ser visto na figura 4.

FIGURA 4 – DIVISÃO ANATÔMICA DO SISTEMA AUDITIVO



Fonte: Universidade Estadual Paulista⁶

A orelha externa é formada pelo pavilhão auricular e o meato acústico, é um tubo de mais ou menos 3 cm de comprimento, fechado na parte interna pelo tímpano, sendo responsáveis por coletar e encaminhar as ondas sonoras até a orelha média.

A orelha média constitui em uma câmara de ar onde se encontra a membrana timpânica, a qual se assemelha a um tambor: é uma membrana elástica, com cerca de 0,1 mm de espessura e entre 9 e 10 mm de diâmetro, e fortemente esticada. Esta vibra ao receber os estímulos das ondas sonoras e por sua vez, movimenta os ossículos martelo, bigorna e estribo, dando continuidade à transmissão do som. Esta interação da membrana com os ossículos gera uma amplificação de 1,6x da onda sonora e a diferença de área entre o tímpano e a janela oval gera mais 20x (RODRIGUES 2010). A vibração transmitida à janela oval é então transferida para os líquidos internos da cóclea e para a membrana basilar.

A orelha interna possui estrutura semelhante à de um caracol, onde se encontram as rampas vestibular e timpânica e o órgão de corti. O seu interior contém o labirinto membranoso, que se subdivide em dois segmentos: a cóclea, destinada à função auditiva, e os canais semicirculares, que participam do equilíbrio.

⁶ Acessado em:
http://www2.ibb.unesp.br/Museu_Escola/2_qualidade_vida_humana/Museu2_qualidade_corpo_sensorial_audicao1.htm

O órgão de corti contém células ciliadas que são responsáveis pelo reconhecimento de diferentes frequências. Os impulsos são enviados ao córtex cerebral através do nervo auditivo, passando por núcleos do tronco encefálico, onde há sinapses entre fibras provenientes de ambas as cócleas, que são importantes para processamento da origem de uma fonte sonora. Estas fibras atingirão o tálamo diretamente no Núcleo Geniculado Medial, onde há novas ocorrem novas sinapses e finalizando assim o processo de recepção sonora. No cérebro, estes sinais enviados são decodificados, interpretados e armazenados (VIANA, 1996).

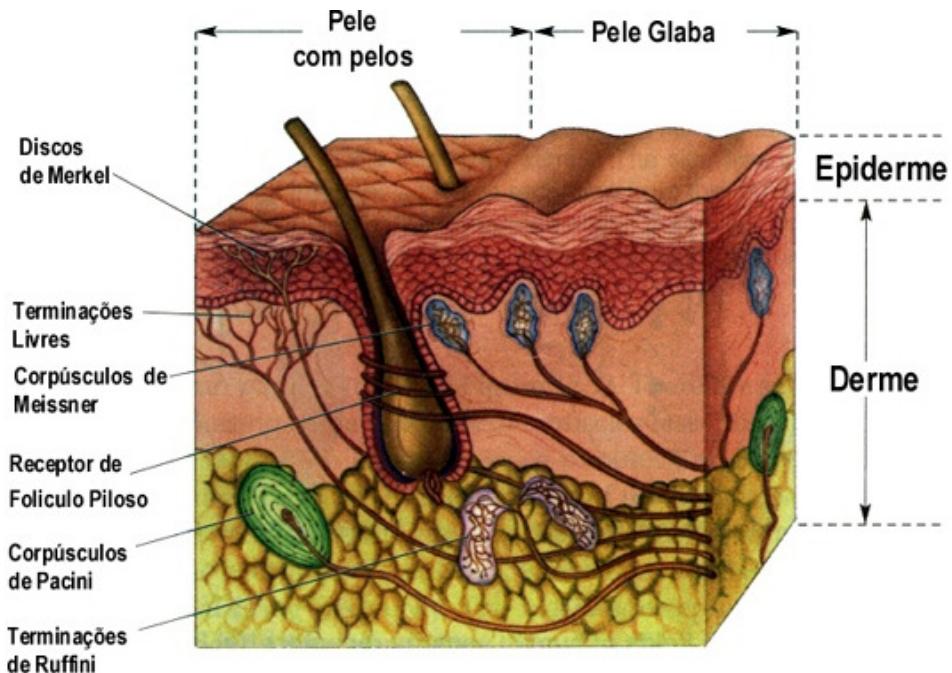
2.3 Anatomia da percepção tátil

A percepção tátil é uma submodalidade da somestesia (sentido que nos permite ter sensações de: contato, dor, temperatura ou reconhecer a localização espacial do próprio corpo). A sensação de tato é desencadeada por mecanorreceptores (Figura 5) espalhados em todo o corpo, por meio da pele, que são sensíveis a vibrações e deformações físicas, como flexão ou estiramento.

Segundo NISHIDA (2012) a pele possui cerca de 50 receptores por cm^2 totalizando em torno de 5 milhões de células sensoriais cutâneas. Há pele com pelos e sem (glaba, como na palma da mão, planta do pé e lábios). Para compreendermos melhor a informação tátil Nascimento (NASCIMENTO, 2014) divide em duas seções: tato fino e grosso. O tato fino depende de pequenos receptores localizados na superfície da pele como corpúsculos de Meissner (para o tato leve e vibrações de baixa frequência) e os discos de Merkel (detectam tato e textura de superfícies tocadas). Na região mais profunda temos os corpúsculos de Paccini (para vibração ou modificações extremamente rápidas do estado mecânico tecidual) e os corpúsculos de Ruffini (sensíveis ao estiramento da pele). O tato grosso é mediado pelas terminações nervosas livres dispersas na pele, levam informação sem localização precisa e são de tato ou pressão.

A figura a seguir demonstra a disposição e localização dos mecanorreceptores na pele.

FIGURA 5 – DISTRIBUIÇÃO DE MECANORRECEPTORES NA PELE

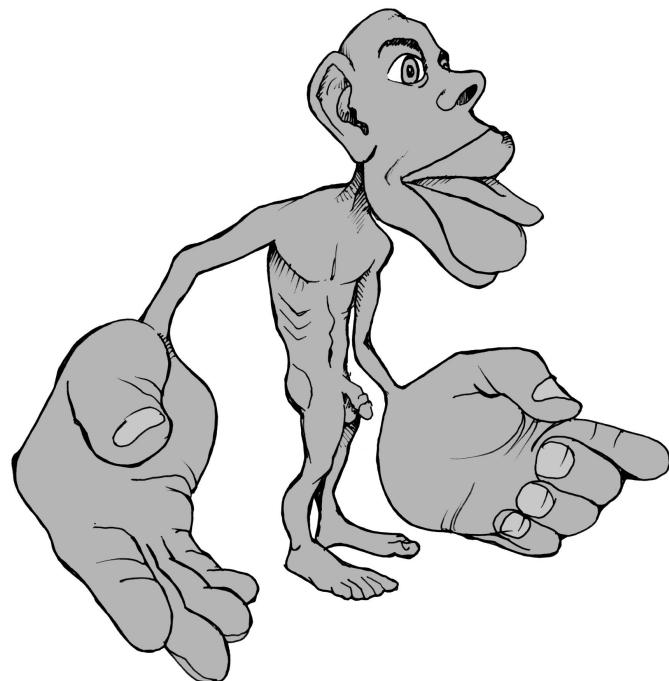


Fonte: Modificado do BEAR, CONNORS e PARADISO (2010).

Esta distribuição diferenciada dos mecanorreceptores na pele faz com que um mesmo estímulo seja percebido de formas distintas pelas partes do corpo. A qualidade da informação mecânica (precisão) vai depender do tamanho do campo receptivo da densidade. Isso significa que não possuímos a mesma sensação em toda superfície corporal. De acordo com Santos (SANTOS, 2002), apesar da distribuição dos mecanorreceptores estar presente em toda a pele, existem algumas áreas onde sua concentração e sensibilidade são maiores. O neurocirurgião Wilder Penfield, durante as décadas de 1940, estudou estas áreas, realizando experimentos estimulando o córtex de pacientes durante cirurgias cerebrais. Os estudos resultaram em uma representação artística de como diferentes pontos da superfície do corpo estão “mapeados” nos dois hemisférios do cérebro, algumas vezes, por meio de traços deformados para indicar que tais partes do corpo têm localização específica em alguma das regiões. A ideia é a de que o cérebro corresponde a um mapa genérico de várias partes do nosso corpo, sendo o homúnculo, portanto, um mapa neural.

A figura representativa ficou conhecida como Homúnculo de Panfield, demonstrado a seguir.

FIGURA 6 – HOMÚNCULO DE PENFIELD



Fonte: Fundação CECIERJ⁷

No homúnculo, as áreas aumentadas demonstram que há maior sensibilidade a estímulos externos. Na palma da mão e dedos pode-se observar que há a maior sensibilidade, nela, os mecanoreceptores estão distribuídos da seguinte forma: corpúsculos de Pacini (maior área de atuação) e os de Meissner, (menor área de atuação). Estes detectam a presença ou ausência de estímulos, e ignoram os que se tornam constantes (receptores de adaptação rápida). Tornando-os ótimos detectores de estímulos aplicados com diferentes frequências na pele.

Estas características nos fazem entender a importância que o tato tem para o próprio desenvolvimento do ser humano, ao longo do tempo. A sensibilidade da pele pode nos ajudar a examinar as formas tridimensionais de objetos, assim como sua textura e rigidez.

2.4 Conclusão da seção

A partir das definições fisiológicas descritas neste capítulo, podemos notar que nossos sentidos reagem de forma diferente a um mesmo estímulo externo. Os receptores podem traduzir

⁷ Acessado em: <https://canalcederj.cecierj.edu.br/recurso/7487>

este estímulo por diferentes estruturas espalhadas pelo corpo, uma com mais sensibilidade ou menos, que transmitem esta informação ao córtex cerebral por meio do tálamo. Segundo Shibata (2001) os indivíduos com deficiências auditivas sentem a música por meio de vibrações, a percepção destas vibrações musicais são tão reais como o seu equivalente sonoro por serem ambos processados na mesma região do cérebro.

Para Garrido et al (2017) a pessoa surda necessita de estímulos sensoriais diferentes do som como referenciais de percepção rítmica ou melódica, e consequentemente de construção da percepção temporal. Deste modo podemos inferir que tradução das frequências sonoras em vibrações tátteis pode ser realizada sem grandes perdas de informações. A percepção de tal fenômeno pode variar de indivíduo para indivíduo, considerando que as estruturas biológicas nem sempre reagem de forma igual. Para tal é necessário que haja novas aplicações ao ensino formal de música, para que se torne possível uma melhor interação da comunidade surda com o universo musical.

3. A EDUCAÇÃO MUSICAL

Para se compreender o termo Educação Musical, mostra-se necessário compreender o que é a música. A música é uma linguagem constituída por ritmo, melodia e harmonia, que desperta no seu ouvinte uma resposta emocional, tem um caráter universal e exprime a vida humana sensível e criadora (HOHMANN e WEIKART, 1997).

Os arquivos de pesquisas e documentações disponíveis, graças às contribuições de antropólogos e musicólogos, deixam claro que a música faz parte da aprendizagem e do ensino desde tempos remotos. Estudiosos de sociedades pré-letradas afirmam que não existem grupos humanos desprovidos de música, ainda que sob formas rudimentares. Graças às contribuições da etnomusicologia, que conta com livros e publicações de periódicos especializados, vem sendo desvendados esses primórdios da música e do ensino musical em povos que não contam com registros escritos (BRÉSCIA, 2003).

Já o ensino formal de música é uma atividade que pode se observar em propostas citadas por Platão na antiguidade clássica, na qual fazia parte do currículo básico das crianças e jovens, juntamente com ginástica e gramática (GROUT E PALISCA, 2007). Além de criar um desenvolvimento artístico, desenvolve a sensibilidade e a percepção do indivíduo de forma que o mesmo entenda a suas qualidades artísticas junto a outras pessoas de distintas culturas.

Para Bréscia (2003), a educação musical tem em vista a formação de indivíduos a fim de que os mesmos desenvolvam seus conhecimentos musicais, compreensão, habilidades de desempenho ou performance, habilidades de audição, apreciação e hábitos musicais. Estes estímulos podem proporcionar ao indivíduo uma série de qualidades que o auxiliam em atividades do cotidiano. Koellreutter descreve estes benefícios da presença da música na vida do indivíduo da seguinte maneira:

No tocante à música na sociedade moderna – ou melhor, no tocante à educação pela música, a mais importante implicação desta tese é a tarefa de despertar, na mente dos jovens, a consciência da interdependência de sentimento e racionalidade, de tecnologia e estética. No fundo, isto significa desenvolver a capacidade do ser humano para um raciocínio globalizante e integrador. (KOELLREUTTER, 1998, p.41)

Evidentemente o ensino de música só pode ter êxito se transformado em uma ação significativa, o que pressupõe uma permanente abertura para o novo num diálogo permanente com a realidade sociocultural dos alunos. Neste contexto é onde se desenvolvem as metodologias para educação musical a fim de obter os melhores resultados de aprendizado por parte dos alunos.

3.1 Principais métodos de ensino

Os métodos de ensino de música são classificados de acordo com a didática utilizada pelo educador. Segundo HAYDT (2000) didática é “a ciência e a arte do ensino”. Deste modo, a didática não objetiva tão somente o conhecimento pelo conhecimento, mas busca aplicar os seus princípios à finalidade que é a instrução educativa.

Existem dois tipos de didática: a tradicional (também conhecida como método passivo) e a moderna (também conhecida como método ativo). No método passivo, o papel do professor é expor o conteúdo pré-definido. Ocupando lugar central na aula, torna-se o detentor do conhecimento e cabe ao aluno (elemento passivo) depreender as informações transmitidas a fim de obter desempenho satisfatório em testes regulares. No método ativo, o professor passa de detentor único do conhecimento para “um orientador e organizador das situações de ensino” (PIMENTA; ANASTASIOU, 2005). Neste há coordenação de atividades para perceber como cada aluno se desenvolve e remover os obstáculos que impeçam o aprendizado dos mesmos.

A educação musical, principalmente a inclusiva, tem como foco os métodos ativos em sua didática, buscando compreender as dificuldades de aprendizado dos indivíduos, tornando possível o fazer musical por parte dos mesmos.

Os métodos apresentados na primeira metade do século XX propõem uma nova abordagem em que todos os indivíduos seriam capazes de se desenvolver musicalmente a partir de metodologias adequadas. Os principais representantes destas metodologias são: Émile Jacques-Dalcroze, Zoltán Kodály, Carl Orff e Shinichi Suzuki.

Émile Jacques-Dalcroze (Suiça, 1865-1950) propôs em seu método que a educação musical poderia relacionar a música ao movimento corporal. Para desenvolver esta proposta, Dalcroze percorreu por diversos caminhos metodológicos, com o objetivo de estimular “o desenvolvimento global da pessoa na área física, afetiva, intelectual e social” (DEL BIANCO,

2007, p. 27). Ritmo, solfejo e improvisação fazem parte das hipóteses de Dalcroze para o desenvolvimento musical de crianças, jovens e adultos.

Zoltán Kodály (Hungria, 1882-1967) propôs um método de educação musical que é destinado para todas as pessoas. O treinamento de percepção auditiva, o canto coral e o solfejo são atividades essenciais para esta metodologia. A música folclórica da Hungria foi estudada e agregada ao método. A experiência musical, movimentos corporais, criatividade, também são elementos pertencentes ao método proposto por Kodály.

Carl Orff (Alemanha, 1895-1982), sua metodologia combina música e dança, em conjunto com o ritmo da fala, atividades vocais e instrumentais em conjunto, com foco no improviso e a criação musical. O instrumental Orff, que é um conjunto de instrumentos musicais idealizados pelo mesmo, inclui metalofones, xilofones, tambores e instrumentos diversos de percussão; a experiência de tocar em conjunto coloca as crianças em contato direto com o fazer musical, “o que as faz imergir numa sonoridade poderosa, que as motiva a executar música em grupo desde os primeiros estágios” (FONTERRADA, 2005, p. 149).

Shinichi Suzuki (Japão, 1898-1998) baseou sua proposta pedagógica na utilização da língua materna pelas crianças, considerando que haveria um paralelo entre aprender a língua e aprender um instrumento musical. Assim, as crianças aprendem a língua a partir da escuta de exemplos constantes das pessoas que estão à sua volta e poderiam aprender música da mesma forma, contando com um entorno de qualidade, baseando a aprendizagem no processo de imitação (HOFFER, 1993, p. 129).

Os métodos destes educadores musicais difundiram-se pelo mundo todo por sua pertinência e adaptação a diferentes perspectivas do ensino de música. É importante ressaltar que todas as adaptações metodológicas para contextos específicos podem trazer resultados positivos, contribuindo para o ensino de música de um modo geral. Ao mesmo tempo, é importante que se compreenda que a adequação dos métodos não significa sua aplicação direta, sem considerar a diversidade cultural e educacional dos diversos contextos sociais.

3.1.1 Educação musical para surdos: Um breve histórico

O primeiro trabalho com surdos, registrado em periódicos, foi uma pesquisa de Karl Wecker, publicada em 01 de maio de 1938. Entitulado *Music for Totally Deaf Children*, Wecker

(WECKER, 1938) utilizou aparelhos tecnológicos para os experimentos. Um grupo de crianças surdas foi submetido a sons musicais amplificados e enviados para head-phones individuais. Os primeiros sons eram voltados para a percepção rítmica dos indivíduos, sugerindo a sinalização quando houvesse mudanças perceptíveis aos mesmos. A segunda parte da pesquisa, e mais surpreendente, continha mudanças de frequências no som emitido, onde alguns indivíduos não só reconheceram a mudança, como cantaram a nota sugerida. Esta pesquisa demonstrou que a percepção tátil não só é eficaz como também pode atingir diferentes estruturas cerebrais.

Em 1972, a pesquisa de Joan Dahms Fahey e Lois Birkenshaw chamada *Education of the deaf Bypassing the Ear: The perception of music by feeling and touch* relata uma análise da metodologia utilizada em uma sala de aula com crianças surdas. O instrumento utilizado para os exercícios de percepção tátil foi o piano. Os exercícios eram realizados em graus de dificuldade. No primeiro nível, as crianças colocam suas mãos sobre o piano e indicam o momento em que o som pare de soar. No segundo nível elas devem andar em volta do piano e indicar o momento que o mesmo pare de tocar. No terceiro nível, as crianças voltam a colocar suas mãos sobre o piano e farão testes de reconhecimento de frequência, se o som é grave ou agudo (FAHEY e BIRKENSHAW, 1972). A pesquisa demonstrou que a percepção tátil dos indivíduos envolvidos foi capaz de reconhecer padrões sonoros por meio das vibrações que atingiam as diferentes partes dos seus corpos.

Em 1985, Alice-Ann Darrow publica, *Music for deaf*, onde demonstra a importância do ensino de música para surdos, a interação e inclusão que as classes musicais provocam no indivíduo. A pesquisa relata a utilização de instrumentos percussivos (tambores, pratos, sinos cromáticos), que fazem com que os alunos, mesmo com surdez profunda, consigam sentir as vibrações das ondas sonoras, permitindo distinguir as variáveis de intensidade e duração dos sons. A autora defende que os estímulos causados pela inclusão dos indivíduos surdos nas aulas coletiva de música, podem ser tão satisfatórios quanto para os indivíduos ouvintes (DARROW, 1985).

Em 2009, *Music for the Deaf Child*, escrito por Paz Villalobos de Berruecos, descreve as experiências parte de um programa de reabilitação de crianças parcialmente surdas, onde o professor utiliza um piano de cauda para realizar o treinamento tátil, associado à leitura labial e ao treinamento auditivo. Os exercícios são baseados na percepção de frequências e padrões rítmicos, onde as crianças podem além de trabalhar a percepção musical, melhorarem também a

coordenação motora. O autor afirma que a fala teve ótimo desenvolvimento, ao serem feitas associação das sílabas às figuras rítmicas da escrita musical e a atitude psicológica dessas crianças melhorou através do ensino da música (BERRUECOS, 2009).

Neste mesmo ano, Finck (2009) se propôs a “investigar como se dá o processo de aprendizagem musical de alunos surdos no contexto inclusivo, com vistas a sistematizar uma base para educação musical com esses alunos junto à escola regular, mais precisamente no município de Florianópolis/SC.” (FINCK, 2009, p.8). Esta pesquisa chama a atenção, pela sua preocupação em sistematizar um plano metodológico para a educação musical com a finalidade de ser utilizada em espaços de inclusão, por meio da criação e utilização de materiais pedagógicos adaptados a este contexto. Foi constatado, que a partir da criação e da utilização de materiais adaptados e de recursos pedagógicos foi possível notar aprendizagens musicais significativas, o que comprova a possibilidade da estruturação de elementos de ação musical direcionados para crianças surdas.

Uma pesquisa realizada por Kuntze (2014) buscou compreender de que forma o indivíduo surdo constrói seus aspectos sociais com a música e como desenvolve a perspectiva de participação em atividades musicais. A autora considera o estudo sobre o estigma e as representações sociais e como esses pontos podem intervir nas relações entre os surdos e as atividades musicais. Os resultados desta pesquisa indicaram que as vivências musicais do surdo são de extrema importância para seu posicionamento quanto sujeito musical, fato este que implicará diretamente nas suas representações sociais.

Um trabalho realizado por Magalhães (2014) analisou o desenvolvimento musical e a interação de alunos surdos em aulas de música na perspectiva inclusiva. Tal pesquisa abordou dois pontos pertinentes: a relação da saúde com a educação inclusiva e os desafios enfrentados no processo de ensino aprendizagem musical desses alunos. Nos resultados ficou claro que ao respeitar o tempo e os limites de cada aluno, com o passar das aulas, o convívio entre os alunos surdos e ouvintes se estabeleceu de forma positiva e igualitária, com os dois grupos interagindo intensamente, e foi possível constatar que houve uma aprendizagem musical satisfatória.

Com a pesquisa “Educação Musical e Surdez: cenas inclusivas”, Griebeler (2015) entrevistou professores de música que atuam no contexto da educação inclusiva, mesmo não possuindo formação específica para tal. Porém, todos eles participaram ao menos de disciplinas ministradas em cursos de graduação ou pós-graduação que tratavam da temática da inclusão.

Também ficou claro que os trabalhos realizados com os alunos surdos se pautaram bastante na utilização de instrumentos de percussão e em recursos visuais para facilitar a compreensão dos alunos. Observou-se que esses recursos são complementos pedagógicos importantes para auxiliar nas práticas musicais inclusivas e ser utilizados em contextos de inclusão variados.

Em 2018 o docente Magnaldo Araújo, do Instituto Federal do Rio Grande do Norte, desenvolveu uma ferramenta que tem por finalidade orientar, por meio de uma linguagem visual de sinais luminosos, como executar células rítmicas presentes em músicas e exercícios musicais, chamado MagMusic⁸. O aparelho emite sinais luminosos que simulam pulsações rítmicas ajustadas por batidas por minuto (BPM), similar a um metrônomo⁹, onde cada lâmpada do aparelho tem uma função acionada pelo microcontrolador de acordo com a configuração inserida pelo usuário. A ferramenta ainda possui um visor que pode indicar cifras de acordes, no qual o usuário pode se nortear para sua interpretação em instrumentos harmônicos. Esta invenção tem sido desenvolvida para operação na área de Arte para ajudar pessoas com deficiência auditiva a aprender música.

Nota-se que, na maioria dos experimentos, os métodos ativos de ensino são de alguma forma, modificados para que atendam a necessidade dos alunos surdos. O uso de aparelhos tecnológicos, disponíveis em cada época, também auxiliaram os pesquisadores a desenvolverem os métodos. Pode-se concluir também que apesar das diversas formas aplicadas pelos educadores, a vibração é um dos estímulos mais comumente empregados para treinamento de habilidades que envolvem trabalho com pessoas surdas, e vem sendo amplamente aplicado no contexto do ensino de música e dança para esse público, tendo gerado um corpo robusto de pesquisas dedicadas ao método, e a produção de diversas tecnologias assistivas, a maioria consistindo em dispositivos vibrotáteis.

Darrow (1985) sugere que ao adaptar as práticas pedagógicas às necessidades do aluno surdo, ao mesmo tempo em que se fornece a ele a oportunidade de experimentar a música em uma maneira concreta, torna-se mais significativo o processo dele de aprender e de apreciar a música. De outro modo, sem a oportunidade de conhecer a música, essas crianças surdas não poderão incorporá-la ao seu projeto de vida, nem mesmo experimentá-la para emitir um juízo de valor. A autora ainda afirma que uma experiência significativa depende, essencialmente, da

⁸ <http://portal.ifrn.edu.br/campus/reitoria/noticias/magmusic-invencao-de-professor-do-campus-apodi-e-aprovado-para-a-campus-party>.

⁹ Aparelho que, através de pulsos (sonoros ou luminosos) de duração regular, indica um andamento musical.

qualificação dos profissionais envolvidos, o que requer uma preparação tanto nos aspectos da educação musical, como, também, da instrução dos conteúdos de formação humanística e relativos à educação especial como um todo.

4. MATERIAIS E MÉTODOS DE PESQUISA

Nesta seção serão abordados os procedimentos metodológicos que serão utilizados para condução e validação das etapas da pesquisa, considerando que método é a ordem que se deve impor aos processos necessários para atingir certo fim ou um resultado desejado (CERVO e BERVIAN, 2002).

O presente trabalho, de natureza aplicada, norteou-se pelo método qualitativo, a fim de validar a eficácia da ferramenta desenvolvida perante os indivíduos voluntários e visão dos mesmos sobre o tema. Segundo Triviños (1987), a abordagem qualitativa trabalha os dados buscando seu significado, tendo como base a percepção do fenômeno dentro do seu contexto. O uso da descrição qualitativa procura apreender não só o aspecto do fenômeno como também suas essências, buscando explicar sua origem, relações e mudanças, e tentando intuir as consequências.

O objetivo da pesquisa é de caráter exploratório, segundo Malhotra (2001), a pesquisa exploratória é usada em casos nos quais é necessário definir o problema com maior precisão, suas constatações são experimentais e o resultado, geralmente, seguido por outras pesquisas exploratórias ou conclusivas.

Quanto ao procedimento, devido ao desenvolvimento de uma de ferramenta, foi utilizado o modelo de pesquisa experimental, a fim de coletar os dados sobre seu desempenho com os indivíduos participantes. Neste caso, a análise foi feita à cerca da percepção tátil em três tipos de indivíduos: surdos, ouvintes sem treinamento auditivo e ouvintes com treinamento auditivo. De acordo com Gil (2007), a pesquisa experimental consiste em determinar um objeto de estudo, selecionar as variáveis que seriam capazes de influenciá-lo, definir as formas de controle e de observação dos efeitos que a variável produz no objeto.

A coleta de dados do experimento foi feita por meio de questionários estruturados, com perguntas abertas e/ou fechadas. Segundo Cervo e Bervian (2002), o questionário refere-se a um meio de obter respostas às questões por uma fórmula que o próprio informante preenche.

4.1 Procedimentos

Nesta seção serão descritos os procedimentos utilizados na realização dos experimentos, construção do protótipo da ferramenta e coleta de dados.

4.1.1 *Experimentos*

Os experimentos com o protótipo foram realizados em uma única sessão com cada um dos indivíduos voluntários. Na oportunidade lhes foram expostas as finalidades e as funções da ferramenta e sua relação com os elementos rítmicos e melódicos da música. Para os voluntários que não possuíam conhecimento musical (ouvintes e surdos), uma breve explanação sobre os conceitos da física do som e notas musicais lhes foi apresentada, a fim de lhes situar da relação que há entre as ondas sonoras e as vibrações tátteis.

Os exercícios foram propostos com duas finalidades de interpretação para os indivíduos: a) Diferenciação de frequências de vibração, com pares de notas próximas e distantes. Para os ouvintes músicos, também foi acrescentado o quesito de identificação de notas, apenas pelas vibrações; b) identificação de variações rítmicas.

4.1.2 *Perfil dos voluntários*

Os experimentos foram realizados com dois grupos distintos de voluntários com idades entre 19 e 48 anos. O primeiro grupo, formado por ouvintes contou com a participação de 07 pessoas, 02 homens e 05 mulheres. Neste grupo houve uma subdivisão, contendo 03 ouvintes músicos (com treinamento auditivo) e 04 ouvintes sem treinamento. O segundo grupo formado por indivíduos surdos, continha 07 pessoas, sendo 04 mulheres e 03 homens. Neste, também houve subdivisão entre os indivíduos, contendo 02 surdos com contato prévio com educação musical e 05 que não a tiveram contato algum anteriormente. Esta amostragem de indivíduos justifica-se por se tratar de uma validação a respeito das funcionalidades de uma ferramenta desenvolvida e se estas funcionalidades podem ser representadas de forma eficaz para pessoas surdas. A presença dos indivíduos ouvintes, músicos ou não, na pesquisa foi imprescindível para validar a possibilidade da relação entre as frequências da percepção tática e a percepção sonora.

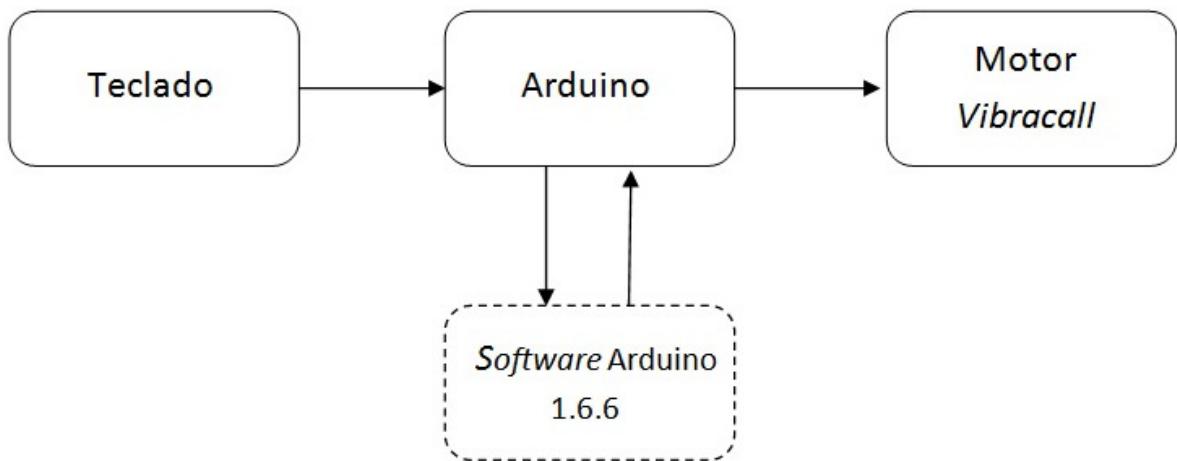
Um questionário foi aplicado a cada membro dos grupos de voluntários. O questionário aplicado, aos indivíduos músicos, possuía algumas questões com abordagem diferente do questionário aplicado aos indivíduos surdos e ouvintes sem treinamento. Neste, além de questões objetivas, o indivíduo teria que transcrever trechos com parâmetros rítmicos e identificar

frequências e padrões melódicos através da percepção tátil. Deste modo seria possível avaliar a possibilidade da correlação entre a percepção tátil e a percepção sonora.

4.1.3 Instrumentos de pesquisa

A ferramenta *Auris Keyboard* foi elaborada a fim de promover uma experiência de sensação sonora para surdos, tendo como objetivo o auxílio ao ensino musical destes indivíduos. O protótipo, desenvolvido para os experimentos, utilizou uma plataforma de prototipagem chamada Arduino, modelo que utiliza o chip Atmega328. O *software* utilizado para realizar o conjunto de instruções empregadas foi o Arduino 1.6.6, em sua versão para o sistema operacional *Windows*. Para a reprodução das vibrações foi utilizado um motor *vibracall* de 5 volts, comumente utilizado nos celulares atualmente. Também foi projetado um teclado com doze botões de acionamento para o motor, do tipo chave táctil, cada um com uma respectiva nota A disposição dos elementos que compõem a ferramenta é descrita da seguinte forma:

FIGURA 7 – ARQUITETURA DA AURIS KEYBOARD

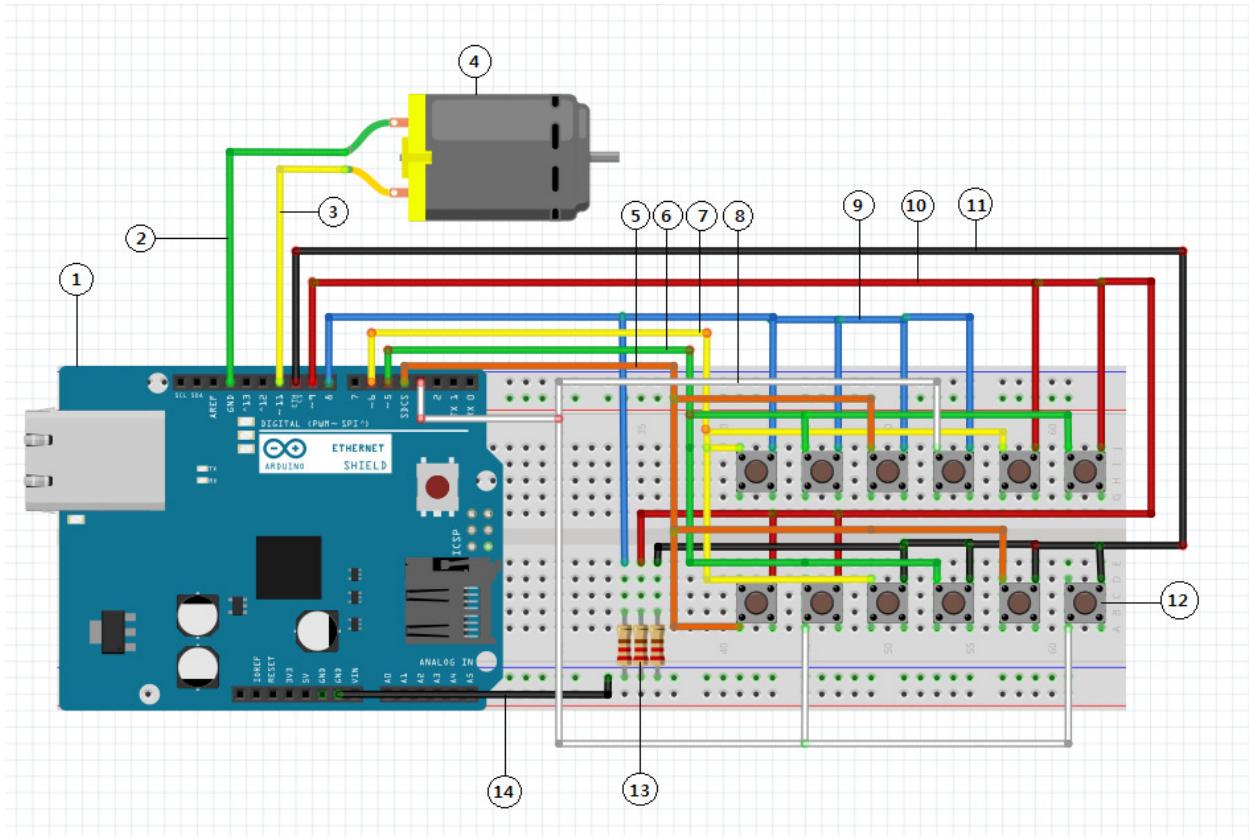


Fonte: O autor da pesquisa

Podemos observar que o *hardware* é formado basicamente por três partes (Teclado, Arduino e motor *vibracall*), as quais são interligadas e coordenadas por um *software*.

O detalhamento da arquitetura da ferramenta pode ser demonstrado no esquema de montagem a seguir

FIGURA 8 – ESQUEMA DE MONTAGEM DA FERRAMENTA



Fonte: O autor da pesquisa

A placa de Arduino (1) permite que se controlem os aspectos elétricos de seus pinos, seja entrada ou saída de sinal. Através do pino 11 (3) o motor *vibracall* (4) recebe o sinal do Arduino, reproduzindo uma frequência predefinida. Por meio do pino GND¹⁰ (2) acontece o retorno para a placa, completando o circuito do motor. Os botões de acionamento do teclado (12) funcionam como um interruptor, que ao receber alimentação de 5V dos pinos (5,6,7,8), se acionados, fazem com que a corrente elétrica chegue aos pinos de entrada (9,10,11) os quais serão direcionados para o motor. Como os grupos de notas foram divididos em três partes, de acordo com a latência de acionamento, cada grupo de notas é direcionado para um resistor (13) diferente, a fim de realizar o controle de potência do motor por meio da PWM¹¹. Este tipo de controle consegue alternar o estado do pino de saída entre 0 e 5 volts, controlando alternância de estados (ligado

¹⁰ *Graduated neutral density filter* (filtro graduado de densidade neutra)

¹¹ *Pulse Width Modulation* (Modulação de Largura de Pulso)

desligado) fazendo o motor girar mais rápido ou mais devagar. O retorno para este grupo de acionamento é feito pelo segundo pino GND (14) completando o circuito.

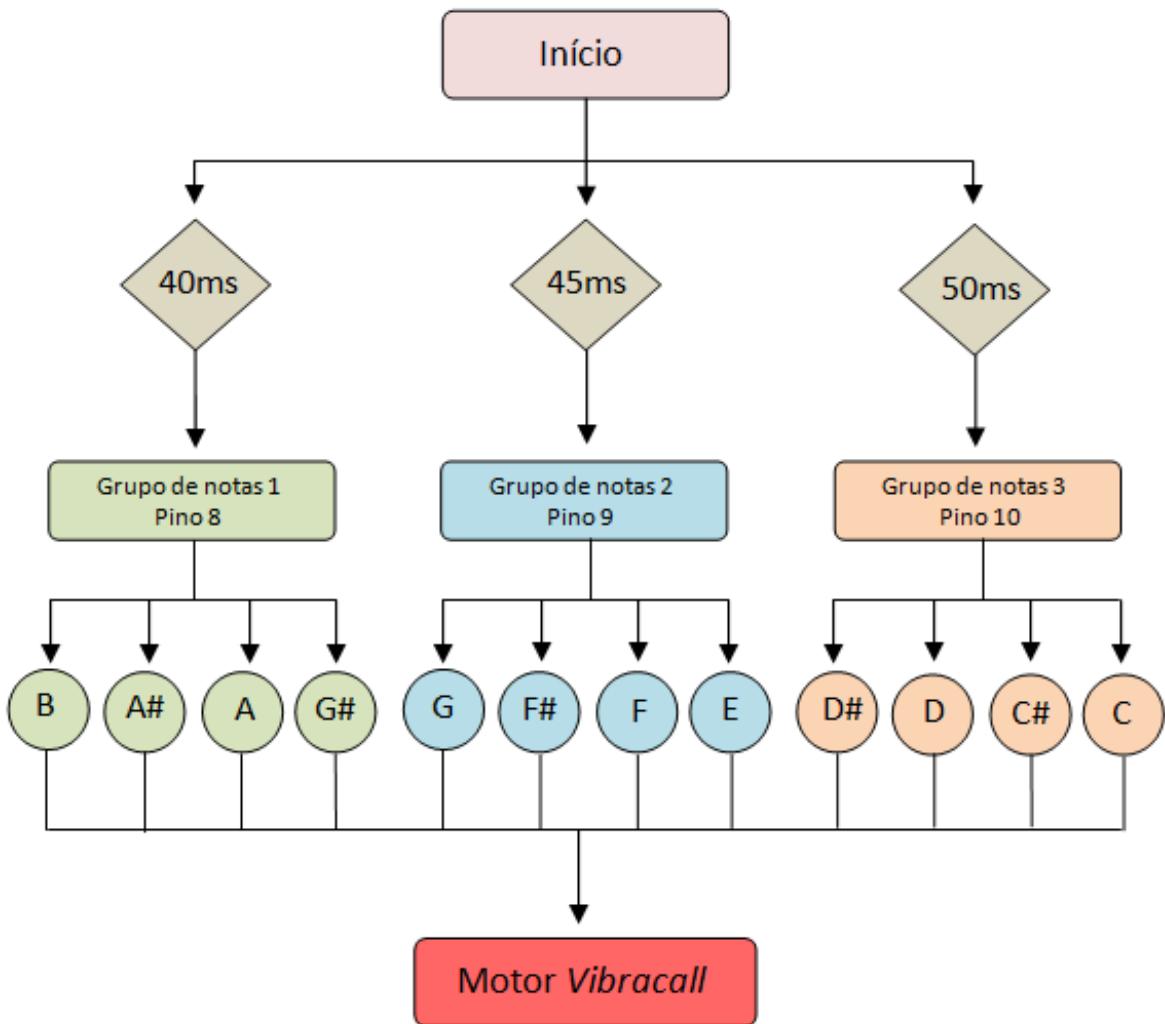
O funcionamento lógico da ferramenta pode ser descrito no seguinte forma:

- ✓ No início, o programa ajusta os pinos do chip para que sejam saídas e entradas. Logo em seguida inicia o monitor de saída serial (apenas quando ligado a um computador). Em seguida um LOOP (parte do programa que se repete continuamente) que funciona da seguinte maneira:
 - Um contador (t_i) que vai apenas de 3 a 6. São iniciados e em seguida os pinos 3(8), 4 (5), 5 (6) e 6 (7) recebem 0 volts e assim são DESLIGADOS.
 - O pino que tem o mesmo número do contador é então LIGADO, ou seja, recebe 5 volts (a primeira vez que o programa roda, o contador está no numero 3)
 - O programa testa a recepção do pino 8(9) confirmando se está LIGADO e em qual dos pinos.
 - Se o sinal for recebido, ele ajusta a saída para o valor do PWM referente à nota, mas não o coloca no motor ainda.
 - Liga o motor no seu valor máximo por 40 milissegundos, tempo necessário para forçar a resposta do motor (com notas mais graves o tempo tem que ser um pouco maior).
 - Enquanto o sinal LIGADO estiver sendo lido, ele coloca no motor um valor ajustado para a saída. Assim que o sinal deixa de ser lido, ele coloca 0 (zero) no motor, desligando-o.
 - O programa testa o próximo pino 9 (10), refazendo os passos anteriores.
 - O programa testa o próximo pino 10 (11), refazendo os passos anteriores.
 - Ao final dos testes, o programa aguarda 10 milissegundos e recomeça o loop.

- Quando o loop recomeça, o contador é adicionado de 1, e com o valor 4 refaz todo o programa, também com o 5 e com o 6.

O fluxograma deste funcionamento pode ser visualizado na figura abaixo ou ainda compreendido no código descritivo do apêndice A.

FIGURA 9 – FLUXOGRAMA DE FUNCIONAMENTO DA FERRAMENTA



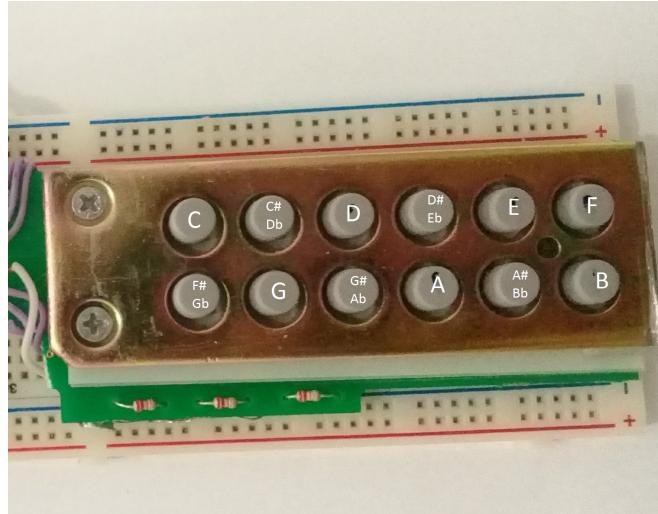
Fonte: O autor da pesquisa

O teclado (figura 10) foi configurado de modo que as doze notas estivessem dispostas em ordem ascendente, facilitando o manuseio para o músico/pesquisador¹². Ao acionar a nota desejada, um sinal é enviado para o Arduino, o qual interpreta a duração e a frequência que o

¹² <https://www.youtube.com/watch?v=W9y0Z6it44A&feature=youtu.be>

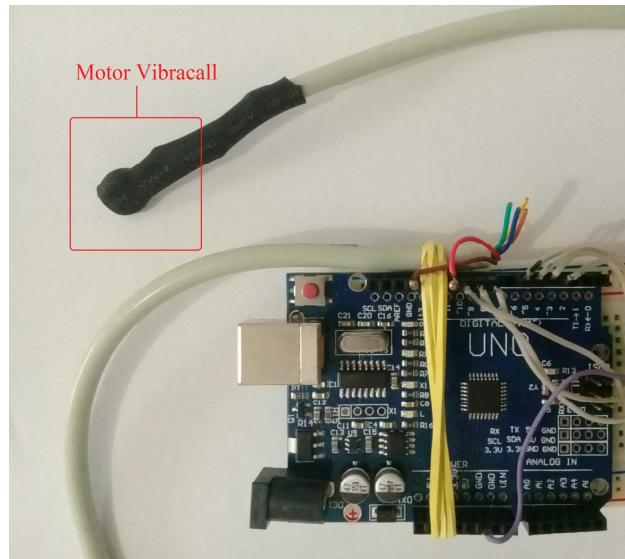
motor *vibracall* deve operar (figura 11). A disposição da ferramenta pode ser visualizada a seguir:

FIGURA 10 – TECLADO CONTROLADOR



Fonte: O autor da pesquisa

FIGURA 11 – ARDUINO E MOTOR VIBRACALL



Fonte: O autor da pesquisa

A relação entre vibração e frequência sonora foi realizada através da conversão de unidades de medida. Motores têm como unidade de medida de funcionamento o rpm (rotações por minuto), considerando uma rotação como um ciclo completo de onda. O som por sua vez é

medido por ciclos por segundo Hz, como citado anteriormente, para que se torne audível ao ser humano é necessário que as ondas possuam entre 20Hz a 20.000Hz. Deste modo para que haja a conversão de uma unidade para outra, podemos considerar que: 1Hz = 60rpm, sendo assim, um motor só pode ser compreendido, para o ser humano, como uma frequência sonora a partir de 1.200 rpm.

Considerando a característica das parciais harmônicas das ondas sonoras, onde a frequência fundamental pode ter múltiplos exatos, gerando notas mais agudas ou graves, por ex.: Lá - 440Hz; Lá - 880Hz; Lá 1.760Hz. Podemos obter a relação das unidades, dividindo as frequências em Hz até um ponto equivalente em rpm, onde o motor possa suportar os ciclos.

O motor *vibracall* utilizado no experimento possui capacidade máxima de 9.000 rpm, a qual pode variar dependendo do modelo ou fabricante, desta forma uma conversão de unidades foi realizada para que o motor comportasse uma série de notas necessárias para a pesquisa, gerando a seguinte tabela:

QUADRO 1 – CONVERSÃO DE UNIDADES

NOTA	Hz	rpm	Capacidade de rotação do motor
C	66	3.960	44%
C# /Db	69,8	4.008	45%
D	74	4.440	49%
D#/Eb	78,4	4.704	52%
E	83,1	4.986	55%
F	88,1	5.286	59%
F#/Gb	93,3	5.598	62%
G	98,8	5.928	65%
G#/Ab	104,7	6.282	70%
A	111	6.660	74%
A#	117,6	7.056	79%
B	124,6	7.476	83%

Fonte: O autor da pesquisa

A tabela representa as sete notas musicais (C = Dó; D = Ré; E = Mi; F = Fá; G = Sol; A = Lá; B = Si) incluindo os semitonos¹³ existentes entre elas, que são representados pelos símbolos **#** (sustenido) e **b** (bemol).

Nota-se que o motor necessita de um tempo de resposta para atingir a porcentagem indicada, devido ao processamento da informação. Para as notas, C - C# - D - D#, o tempo de resposta foi de 50 milissegundos; para as notas, E - F - F# - G, o tempo de resposta foi de 45 milissegundos e para as notas, G# - A - A# - B, o tempo foi de 40 milissegundos. Apesar de haver uma distância temporal para o acionamento, por ser muito pequena, torna-se quase imperceptível para o indivíduo.

Durante os experimentos a ferramenta foi apresentada previamente aos indivíduos, os quais puderam sentir todas as vibrações das doze notas, de maneira ascendente (com o aumento de frequências de vibrações) e de maneira descendente (com a diminuição das frequências). A demonstração se deu da seguinte forma:

FIGURA 12 - TESTE COM VOLUNTÁRIO



Fonte: O autor da pesquisa

Posteriormente o teclado da ferramenta foi posto fora do campo de visão dos voluntários, não sendo possível que os mesmos pudessem observar se haveria mudança na digitação das notas.

¹³ Semitom é considerado menor intervalo audível para a música ocidental

4.1.3.1 Os testes com surdos e ouvintes não músicos

Nesta etapa os exercícios foram conduzidos a fim de testar a capacidade de percepção dos indivíduos a respeito da diferença entre vibrações e à cerca de ritmo, sem levar em consideração a nomenclatura das notas musicais, visto grande parte deles não às conheciam. A experiência de percepção dos mesmos foi avaliada por meio de questionários contendo questões objetivas e questões práticas¹⁴, estas últimas, relacionadas à interpretação de ritmo e melodias.

No primeiro exercício, foram apresentados pares de vibrações no qual os voluntários deveriam identificar se seriam iguais ou diferentes, deste modo seria possível observar até que ponto o tato poderia notar a diferença de vibrações, mesmo quando muito próximas. Neste experimento, o pesquisador aciona, no teclado, cada nota separadamente a fim de que o voluntário pudesse identificar se as frequências de vibração. Foram utilizadas notas com grandes distâncias em tom¹⁵, até notas próximas com distância de semitom. Os pares utilizados foram:

QUADRO 2 – PARES DE VIBRAÇÕES PARA IDENTIFICAÇÃO

Notas	Hz	rpm	Distância em tons
C – A	66 - 111	3.960 - 6.660	4,5
D – D	74	4.008	-
C – E	66 - 83,1	3.960 - 4.986	2
A – B	111 - 124,6	6.660 - 7.476	1
G - G#/Ab	98,8 - 104,7	5.928 - 6.282	0,5
A – A	111	6.660	-

Fonte: O autor da pesquisa

De acordo com sua distância em tons e semitons, estes pares de notas podem ser classificados da seguinte forma: C - A (sexta maior); D - D (úníssono); C - E (terça maior); A - B (segunda maior); G - G#/Ab (segunda menor) e A - A (úníssono).

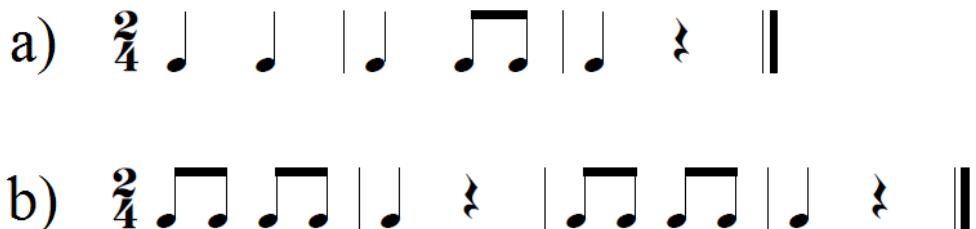
Terminada a primeira seção de identificação de frequências, os voluntários seguiram para a segunda etapa, que consistiu na identificação e reprodução de padrões rítmicos. Nesta etapa, uma nota aleatória do teclado foi utilizada para realizar um padrão de ritmo, cabendo ao indivíduo apenas perceber e reproduzir este ritmo batendo, com a mão livre, em uma superfície

¹⁴ Apêndice B - questionário para surdos e ouvintes sem ou com pouco conhecimento musical

¹⁵ Tom é uma unidade de medida musical formada por dois semitons (menor intervalo audível para a música ocidental)

próxima. Deste modo ficou a cargo do pesquisador analisar a fidelidade da repetição emitida pelo voluntário. Os padrões executados foram os seguintes:

FIGURA 13 - PADRÕES DE PERCEPÇÃO RÍTMICA PARA REPRODUÇÃO



Fonte: O autor da pesquisa

Os aspectos abordados nesta parte do experimento foram de fundamental importância para analisar as facilidades de percepção rítmica dos indivíduos, assim como as dificuldades em comum aos dois grupos expostos aos testes.

4.1.3.2 Os testes com músicos

Nesta etapa do experimento, os exercícios foram conduzidos a fim de testar a capacidade de percepção dos indivíduos ouvintes com treinamento musical. Além de diferenciar vibrações (entre baixa ou alta) os mesmos precisaram identificar padrões rítmicos e melódicos (com identificação de notas). Ao questionário aplicado a estes indivíduos, foram acrescentados alguns itens diferentes da etapa anterior¹⁶.

A percepção dos padrões rítmicos se deu da seguinte forma: a) ao voluntário foi informada a *fórmula de compasso*¹⁷ escolhida para execução; b) após perceber a série de vibrações, o indivíduo deveria transcrevê-lo utilizando as figuras musicais padrão.

FIGURA 14 - PADRÕES DE PERCEPÇÃO RÍTMICA PARA TRANSCRIÇÃO



Fonte: O autor da pesquisa

¹⁶ Apêndice C - questionário para ouvintes músicos

¹⁷ Fórmula de compasso se refere à fração indicada no início de cada partitura, indicando as relações de tempo das figuras musicais.

Terminada a seção rítmica, foram apresentados (escritos em partitura) dois padrões melódicos de seis notas sucessivas, por item. O voluntário deveria sentir as notas da sequência, executada pelo pesquisador ao teclado da ferramenta, e indicar a qual padrão melódico impresso, esta seria referente, como demonstrado na figura a seguir:

FIGURA 15 - PADRÕES PARA PERCEPÇÃO MELÓDICA TÁTIL



Fonte: O autor da pesquisa

Em cada um dos itens, uma nota de frequência próxima, foi alterada a fim de observar a capacidade percepção tátil em trechos de conjuntos de notas.

Por fim dos testes melódicos, foi executada a melodia (sem identificação) da música *Asa Branca*, composta por Luiz Gonzaga (1912-1989) e Humberto Teixeira (1915-1979), cabendo ao indivíduo tal reconhecimento.

4. RESULTADOS

Com o objetivo de auxiliar a acessibilidade dos surdos ao ensino formal de música, analisar os métodos de ensino para esta comunidade e compreender as relações entre os sentidos (audição e tato), os dados descritos nesta pesquisa podem corroborar com a hipótese da possibilidade de tradução das notas musicais em vibrações tátteis. Considerando a capacidade da percepção dos indivíduos, por meio da ferramenta aqui proposta, podemos colaborar com estudos futuros acerca do tema.

Nesta seção são analisados os resultados das duas etapas do experimento. Tomando como base as respostas dos questionários aplicados aos indivíduos participantes, surdos e ouvintes, será possível avaliar a eficácia da ferramenta, assim como, propor métodos de aplicação da mesma.

5.1 Resultados do questionário com indivíduos surdos e ouvintes não músicos

As frequências expostas neste exercício aos indivíduos são as mesmas descritas anteriormente no quadro 2. Contendo intervalos que partem do uníssono (mesma nota) até uma sexta maior (4 tons e meio de distância entre as notas), estes pares de notas permitem notar até que ponto é possível notar a variação de vibrações da ferramenta, tendo como menor intervalo o semitom.

Foi possível observar que os indivíduos ouvintes obtiveram um percentual de 5.3% a mais de acertos quanto aos indivíduos surdos, nas distinções das vibrações. A dificuldade de distinção de frequências próximas, a exemplo dos intervalos de segunda maior (1 tom de distância entre as notas) e segunda menor (meio tom entre as notas), esteve presente nos dois grupos de voluntários nesta etapa. Este resultado corrobora o pensamento de Sekeff (2007), a qual descreve que a percepção musical se trata de um processo de aprimoramento do indivíduo e, apenas com o treinamento, poderá ocorrer mais sensibilidade para a percepção das vibrações. A seguir estarão descritos os percentuais de cada grupo:

TABELA 1 – RESULTADO SOBRE A DISTINÇÃO ENTRE AS VIBRAÇÕES PARA SURDOS E NÃO MÚSICOS

Notas	Percentual de acertos dos ouvintes	Percentual de acertos dos surdos
C – A	100%	100%
D – D	100%	100%
C – E	100%	100%
A – B	50%	14,2%
G – G#/Ab	50%	28,5%
A – A	75%	100%
TOTAL	79%	73,7%

Fonte: O autor da pesquisa

Posteriormente um exercício de percepção rítmica, representado na figura 10, foi apresentado aos voluntários, sendo solicitado que os mesmos o reproduzissem. Foi notada uma facilidade maior de resposta, por parte dos indivíduos, neste experimento. Tal fato pode ser explicado devido à capacidade de interpretação rítmica ser algo intrínseco ao corpo humano, para Nobre et al. (2011), o ritmo interno do nosso corpo, como batimentos cardíacos, pressão arterial ou até mesmo sinapses cerebrais auxiliam no modo percebemos as estruturas música. A sensação emocional que o ritmo musical provoca, advém do sistema motor, este sendo, o primeiro sistema a se desenvolver, antes mesmo do sistema sensorial. Em relação à prática musical o ritmo opera dentro da duração e do tempo já propostos pela própria música, induzindo assim, uma ordem coerente nas respostas do comportamento motor do sistema nervoso do indivíduo (SEKESFF, 2007).

Como este item foi de cunho prático, uma análise de porcentagem de acerto de cada indivíduo foi realizada, gerando um resultado total por grupo, para cada item, como demonstrado na tabela a seguir:

TABELA 2 – RESULTADO DA REPRODUÇÃO DE PADRÕES RÍTMICOS

Exercício	Percentual de acertos dos ouvintes	Percentual de acertos dos surdos
Item a	100%	97,1%
Item b	100%	84,2%
TOTAL	100%	90,6%

Fonte: O autor da pesquisa

Aos indivíduos que tiveram dificuldades na identificação dos ritmos, foram apresentados alguns exercícios extras, mais simples, sendo possível notar que os mesmos possuíam naturalmente uma dificuldade de compreensão deste elemento musical. Miguel (2012) descreve que a passagem do tempo é percebida pela ação conjunta dos gânglios da base, área motora suplementar, cerebelo e córtex pré-frontal, as mesmas áreas neurais responsáveis pela coordenação de movimentos. Deste modo, a percepção rítmica está integrada à percepção temporal à medida que tempo e ritmo são conceitos indissociáveis.

5.2 Resultados do questionário com indivíduos músicos

Aos músicos, o primeiro exercício apresentado foi igual ao do grupo anterior, demonstrado no quadro 2, a fim de comparar se o treinamento musical prévio os auxiliaria também na percepção tátil. Para Linda Davidoff (2007) o treinamento auditivo/musical é um processo de organizar e interpretar dados sensoriais recebidos para desenvolver a consciência do ambiente que nos cerca, atribuindo significado a estes.

Os indivíduos obtiveram um número maior de acertos em relação ao grupo sem conhecimento musical. Os erros na distinção das notas emitidas, em sua maioria, ocorreram nas frequências mais próximas, assim como ocorreram nos grupos anteriores. Estas, por possuírem os ciclos de repetições (Hz) quase iguais, a exemplo das notas Mi e Fá, respectivamente 83,1Hz e 85,1Hz, tornam-se de difícil compreensão para o indivíduo, mesmo que este possua treinamento auditivo.

O resultado pode ser representado na tabela a seguir:

TABELA 3 – RESULTADO SOBRE A DISTINÇÃO ENTRE AS VIBRAÇÕES PARA MÚSICOS

Notas	Percentual de acertos dos músicos
C – A	100%
D – D	66,6%
C – E	100%
A – B	66.6%
G – G#/Ab	66.6%

A – A	100%
TOTAL	83,3%

Fonte: O autor da pesquisa

O quesito referente à transcrição do ditado rítmico, descrito na figura 11, obteve 100% de reconhecimento por parte dos indivíduos. Além de testar a capacidade de reconhecimento rítmico, este exercício foi proposto também para certificar a eficácia da ferramenta quanto a sua latência. Deste modo podemos constatar que o tempo de resposta entre o teclado e o motor é praticamente imperceptível, tornando possível a reprodução das figuras de valores musicais com exatidão.

A figura 12 representa o exercício para identificação de padrões melódicos, neste também houve 100% de acertos. Mesmo contendo, em uma das alternativas, uma nota de frequência próxima que não correspondia ao tocado, os indivíduos conseguiram identificar qual alternativa era a correta, em alguns dos casos até mesmo cantarolando o que havia sentido nas vibrações.

Para finalizar os exercícios, ainda na temática de reconhecimento melódico nas vibrações, foi tocada a música *Asa branca* para reconhecimento. Neste tópico o percentual de acertos por parte dos indivíduos foi de 66,6%. Em busca de entender o porquê do não reconhecimento, por parte de um dos indivíduos, visto que as notas e ritmos foram, aparentemente, claros para os outros, o trecho apresentado foi tocado em um teclado convencional (com sons), porém, mesmo assim, o indivíduo não o reconheceu. Isso demonstra que a percepção, além de treinamento, requer conhecimentos e experiências anteriores por parte do indivíduo.

5.3 Conclusão da seção

Ao analisar os resultados, obtidos nas subsessões anteriores, pode-se concluir que a ferramenta conseguiu desempenhar a função para qual foi desenvolvida, tal como um instrumento musical convencional, o qual seja utilizado para tal fim.

A latência, entre o acionamento dos botões e a resposta do motor, não foi algo perceptível aos indivíduos participantes, tornando possível a percepção e reprodução das figuras de valores musicais. O desempenho do motor *vibracall*, em relação às frequências propostas, ocorreu de forma aceitável, possibilitando a inteligibilidade das notas, mesmo quando próximas. Para

estudos futuros, há a possibilidade de teste com motores de maior capacidade de rotação, o que permitirá o alcance de notas com frequências mais altas.

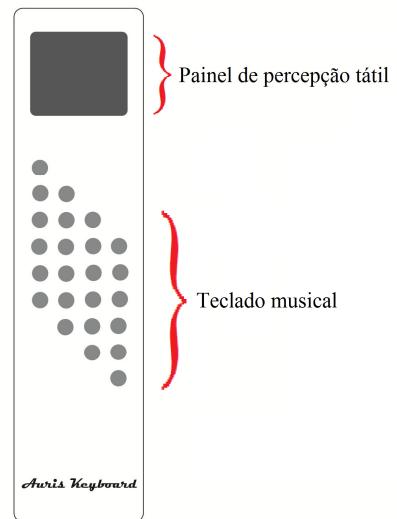
O desempenho dos voluntários participantes foi satisfatório e animador em relação à utilização da ferramenta. Sendo importante aqui citar uma frase que foi comum a dois indivíduos, um surdo e um ouvinte sem treinamento, “é interessante porque podemos sentir como é a diferença das notas”. Segundo Edwards (1974) o que torna significativa uma experiência musical para o aluno surdo é a possibilidade que ele tem de construir o conhecimento musical a partir dos conceitos musicais, ou seja, “[...] se a finalidade de ensinar a música ao surdo for fazê-lo aprender algo sobre a música, então se deve ensinar música a ele” (EDWARDS, 1974, p. 100). Deste modo, ao despertar o interesse, acerca do ensino musical, em indivíduos da comunidade surda, a ferramenta desenvolvida cumpriu parte do seu objetivo.

O resultado sobre a distinção de frequência mostrou que é possível interpretá-las através do tato, mesmo quando muito próximas, deste modo, fazendo uso de um estudo frequente de percepção, o indivíduo poderá atingir a compreensão musical desejada. Para Fonterrada (2005) a percepção musical não trata apenas do “ouvir”, está relacionada à captação de um som e em seguida lhe atribuir um significado. Sendo assim, cabe ao indivíduo realizar estudos sistemáticos, com exercícios rítmicos e melódicos, a fim de ampliar sua capacidade de interpretação.

A representação rítmica se mostrou eficaz para ambos os grupos, tornando maior o índice de acertos em sua identificação e reprodução. Até mesmo para os indivíduos surdos, onde em sua maioria não haviam tido contato anteriormente com os elementos da música. Tal parâmetro pode auxiliar aos indivíduos surdos no estudo prático em instrumentos percussivos.

Para futuras utilizações da ferramenta algumas modificações ergonômicas e de hardware podem ser aplicadas, a fim de torná-la mais versátil (Figura 16). A ampliação das frequências (notas) disponíveis pode ser realizada, permitindo ao indivíduo, até mesmo, interpretar repertórios os quais compreendam a extensão da ferramenta. Deste modo também, sugerindo novos estudos acerca da capacidade de percepção tátil e sua tessitura.

FIGURA 16 - MODELO PROPOSTO PARA DE FERRAMENTA



Fonte: O autor da pesquisa

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Como demonstrado inicialmente, os estudos sobre a interação entre surdos e a música caminha a passos curtos, devido às complexidades metodológicas e logísticas, tornando um universo amplo para novas hipóteses e desenvolvimento de aplicações a serem testadas. Desejamos que esta pesquisa contribua para a expansão desta área de conhecimento, no que se refere à educação musical e surdez. Assim como ampliar as possibilidades de acessibilidade, da comunidade surda, ao ensino.

Os resultados obtidos em relação à percepção rítmica e melódica, com a utilização da ferramenta, nos apontam a capacidade de interpretação das notas musicais, apenas pelas vibrações tátteis. Deste modo, é possível inserir o indivíduo surdo em um contexto de educação formal de música e inclusão social. A partir do conhecimento dos princípios básicos da música, o surdo pode aplicá-los aos instrumentos convencionais, tornando a experiência de acessibilidade real. Esta flexibilidade dos processos de ensino da música para crianças surdas vem sendo discutida por educadores como um meio para facilitar a aprendizagem. A plasticidade aplicada no planejamento seria necessária, pois permitiria uma adaptação às necessidades dos alunos em todo o processo de ensino/aprendizagem (FINCK, 2009).

A ferramenta também se mostrou eficaz no auxílio do ensino de percepção para indivíduos ouvintes, pois a correlação entre os sentidos pode facilitar no aprendizado de reconhecimento de frequências, tornando uma experiência sinestésica. Finck (2009) relata que a utilização de recursos pedagógicos pode tornar o processo de aprendizagem significativo para o aluno e ainda descreve que o professor é responsável pela ampliação destas ferramentas:

[...] O professor não somente de buscar uma ampliação da percepção do que se constitui o objeto sonoro, mas acima de tudo, de entender este objeto que está à sua volta e, se possível, fazer com que os alunos possam recriá-lo modificá-lo e adaptá-lo à sua realidade aos seu meio, com o propósito de ampliar a sua aprendizagem (FINCK, 2009, p.154)

Considerando que a pesquisa abordou os aspectos, altura e duração do som e o modo como podem ser percebidos, os dados gerados contribuem para estudos futuros relacionados ao tema, podendo ser ampliado para as outras características do som, completando assim os elementos constitutivos da música.

Pode-se ainda propor um curso de extensão em teoria e percepção musical para indivíduos surdos, em parceria com o departamento de música da instituição, no qual sejam abordados os elementos básicos da música e sua aplicação prática para os instrumentos. O curso pode contar ainda com a interação entre as ferramentas propostas pelo sistema *Auris*, podendo ampliar as possibilidades de aprendizado dos indivíduos participantes, por ex.: ao demonstrar a representação tátil de um determinado ritmo, a ferramenta *Auris visual* pode representar como este é interpretado pelo corpo através da dança.

A utilização de EEG (eletroencefalograma) pode ser incorporada em estudos posteriores. O método trata-se de monitoramento eletrofisiológico que é utilizado para registrar a atividade elétrica em diversas partes do cérebro. Com eletrodos colocados no couro cabeludo, seria possível mapear as áreas estimuladas e identificar possíveis reações advindas da percepção tátil de frequências, ritmos ou até mesmo aspectos harmônicos. Comparando os dados entre os indivíduos surdos e ouvintes, a fim de entender a representatividade dos aspectos musicais para ambos. Deste modo, novos dados podem ser levantados acerca da representatividade subjetiva que a música pode ter para os indivíduos surdos e quem sabe realizar uma releitura sobre a Teoria dos afetos para esta comunidade.

Pretende-se também, como próximo passo para esta pesquisa, desenvolver um instrumento musical para indivíduos surdos, contendo os elementos testados nesta pesquisa. Podendo acrescentar a possibilidade de executar parâmetros harmônicos, com acordes ou intervalos em dueto, o que pode o transformar em “instrumento de acompanhamento” (suporte harmônico) para outros instrumentos com características melódicas. Desta forma a inclusão destes indivíduos nas classes regulares, de ensino musical, não dependerá, tão somente, da adaptação de ferramentas tradicionais para representar os parâmetros do som.

Partindo da proposta anterior, outra possibilidade de estudos ainda pode ser abordada, referente ao repertório específico para a comunidade surda, seja ele para estudo (com os métodos de ensino) ou para interação dos indivíduos com a prática em conjunto. Deste modo a experiência de inclusão social da comunidade surda na “cultura do ouvinte” pode ser expressiva para ambos. Tal proposta pode ser desempenhada em experimento conjunto com alunos de composição musical do departamento de artes da UFPB, podendo ser abordados aspectos como forma, textura e extensão da percepção dos indivíduos surdos. De acordo com Finck (2009) a inserção da música no contexto escolar inclusivo é um princípio de direito que pode ser a única oportunidade

de essas crianças terem contato com a linguagem musical e de terem constituído o seu ser musical.

REFERÊNCIAS

- ALVES, Guilherme de Souza. **Auris visual: Uma representação de ritmo e estrutura de arranjo musical para pessoas surdas.** Dissertação (Mestrado em computação, comunicação e artes) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2018.
- 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.
- ARAÚJO, F. A.; BRASIL, F. L.; SANTOS, A. C. L.; JUNIOR, L.S.B.; DUTRA, S. P. F.; BATISTA, C.E.C.F. **Auris System: Providing Vibrotactile Feedback for Hearing Impaired Population.** BioMed Research International, Volume 2017, 2017
- BARRETO, Sidirley de J.; CHIARELLI, Lígia K. M. **A importância da musicalização na educação infantil e no ensino fundamental: a música como meio de desenvolver a inteligência e a integração do ser.** Disponível em: <http://www.iacat.com/revista/recrearte/recrearte03/musicoterapia.htm>. Acesso em: 15 de abril de 2016.
- BEAR, M.F.; CONNORS, Barry W. e PARADISO. **Neurociências, desvendando o sistema nervoso.** 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010
- BERRUECOS, Paz Villalobos de. **Music for the Deaf Child. International Audiology**, p. 229-235. 2009
- BRÉSCIA, Vera Lucia Pessagno. **Educação Musical: bases psicológicas e ação preventiva.** Campinas, SP, Ed. Átomo, 2003
- BROWN, Kristi; DENNEY, Le A. **Music Use in Elementary and Middle School Classrooms for the Deaf.** The University of Tennessee, april 4, 1997. Disponível em: <<http://www.deafed.net/PublishedDocs/970723b.htm>>. Acesso em: 27 de fevereiro. 2019.
- CASTRO, Sebastião Vicente de. **Anatomia Fundamental.** São Paulo: McGraw-Hill, 1983
- CERVELLINI, Nadir H. **A musicalidade do surdo, representação e estigma.** São Paulo: Plexus Editora, 2003.
- CERVO, Amado Luiz; BERVIAN, Pedro Alcino. **Metodologia científica.** 5. ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- CRUZ, A. L. de C. **Music For The Deaf: A Qualitative Approach. In: LABBO, L. D., and FIELD, S. L. (eds) 1997. Conference Proceedings of the Qualitative Interest Group.** Acesso em: 23 abril de. 2016.
- DALCROZE, Emile J. **Le Rythme, La musique et l'éducation.** Paris, França: Jobin e Cie, 1920.

DARROW, A.A. *Music for deaf*. *Music educators journal*. p. 33-35. 1985

DAVIDOFF, Linda L. **Introdução à Psicologia**. 30^a Ed. Makron Books. São Paulo. 2001
 DEL BIANCO, Silvia. Jacques-Dalcroze. In M. Diaz e A. Giráldez (coords.), *Aportaciones teóricas y metodológicas a La educación musical: uma selección de autores relevantes* (p. 23-32). Espanha: Editorial GRAÓ. Biblioteca de Eufonia: Serie Didáctica de La expresión musical. .2007

EDWARDS, Eleanor M. **Music Education for the Deaf**. *Journal of Music Therapy*, Volume 13, Outubro, 1976.

FAHEY J. D.; BIRKENSHAW L. **Education of the deaf Bypassing the Ear: The perception of music by feeling and touch**. 1972

FERNANDINO, Jussara Rodrigues. **Música e cena: uma proposta de delineamento da musicalidade no teatro**. Dissertação (Mestrado em Artes) - Escola de Belas Artes, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

FINCK, Regina. **Ensinando Música ao Aluno Surdo: perspectivas a ação pedagógica inclusiva**. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2009.

FONTERRADA, Marisa. **De tramas e fios: um ensaio sobre música e educação**. São Paulo: Editora da UNESP, 2005.

GAINZA, Violeta H. **Estudos de Psicopedagogia Musical**. 3. ed. São Paulo: Summus, 1988.

GARRIDO, A. A. G., Stovel, V. D. R., Velázquez, F. R. G., Pérez, H.V., Vázquez, R. R, Valdez, A.E., Campos, L. R. **Vibrotactile Discrimination Training Affects Brain Connectivity in Profoundly Deaf Individuals**. *Frontiers in human neuroscience*, 11:28, 2017.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GRIEBELER, Wilson R. **Educação Musical e Surdez: cenas inclusivas**. Dissertação (Mestrado em música), Centro de Artes, Programa de Pós-Graduação em Música, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

GROUT, Donald V. e PALISCA, Claude V. **História da música ocidental**. Tradução: Ana Luiza Maria, Lisboa, Gradiva, 2007.

HOHMANN, M.; WEIKART, D. **Educar a Criança; Fundação Calouste Gulbenkian**; Lisboa, 1997.

IBANEZ, César Augusto. **O som, seus parâmetros, e a música: o ensino dos elementos musicais**. Dissertação (Mestrado em Educação) – Universidade Estadual de Londrina, Paraná, 2010.

JOURDAIN, R. **Música, cérebro e êxtase: como a música captura nossa imaginação**. Rio de Janeiro: Objetiva, 1998.

KOELLHEUTTER, Hans J. **Cadernos de Estudo: Educação Musical**, São Paulo, n. 6, p. 1-210, 1998

KUNTZE, Vívian L. **A relação do surdo com a música: representações sociais**. Dissertação (Mestrado em música), Centro de Artes, Programa de Pós-Graduação em Música, Universidade do Estado de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

LACORTE, Simone. **Percepção Musical no âmbito das escolas de música: uma reflexão de suas práxis a partir dos diversos órgãos dos sentidos**. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE COGNIÇÃO E ARTES MUSICAIS, 1., 2005, Curitiba. Anais 1º Simpósio Internacional de Cognição e Artes Musicais. Curitiba: UFPR, 2005. p.138-145.

MAGALHÃES, Liana Arduino de. **O Desenvolvimento musical e a interação de alunos surdos em uma escola regular de ensino: Um estudo de caso. Rio de Janeiro, 2014.**

Dissertação (Mestrado em música), Centro de Letras e Artes, Curso de Pós-Graduação em Música, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2014

MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MELO, A. M. **Acessibilidade e Inclusão Digital em Contexto Educacional**, Anais da 3ª Jornada de Atualização em Informática na Educação, M. A. S. N. Nunes, E. M. Rocha, Brasil, Sociedade Brasileira de Computação, p. 1-41, 2014.

MENEZES, Flo. **A acústica musical em palavras e sons**. Cotia, SP: Ateliê Editorial, 2003

MIGUEL, M. A. L. **Estimativa de tempo em humanos: bases, ontogênese e variação diária**. Revista da Biologia. 2012

NASCIMENTO, Leonardo Penteado. **Desenvolvimento do teste de sensibilidade tátil da mão**. Dissertação (Mestrado em Ciência da Reabilitação) – Universidade de São Paulo, Paraná, 2014.

NOBRE, D. V.; LEITE, H. R.; ORSINI, M.; CORREA, C. L; **Respostas Fisiológicas ao Estímulo Musical: Revisão de Literatura**. Revista Neurociências. Rio de Janeiro, 2012.

OLIVEIRA, L. C.; GOLDENBERG, R.; MANZOLLI, J. **Percepção de instrumento musical sintético construído por modelo experimental**. In: SIMPÓSIO DE 131 COGNIÇÃO E ARTES MUSICAIS - SIMCAM, 4., 2008, São Paulo. Anais... São Paulo: SIMCAM, 2008. Disponível em: <http://www.abcogmus.org/documents/SIMCAM4.pdf> acesso em: 09 jun. 2018

PIMENTA, Selma Garrido; Anastasiou, Léa das Graças Camargos. **Docência no Ensino Superior**. 2ª. Ed. São Paulo: Cortez, 2005.

PIUBELLI, Sérgio Luiz; ERROBIDART, Hudson Azevedo; GOBARA, Shirley Takeco e ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. **Simulador de propagação de ondas mecânicas em meios sólidos para o ensino da física.** Rev. Bras. Ensino Física [online]. 2010, vol.32, n.1, pp.1501-1506.

PRIOLLI, Maria Luisa de Mattos. **Princípios Básicos da Música para a Juventude.** Rio de Janeiro: Casa Oliveira de Músicas Ltda, 1986.

RODRIGUES, Felipe Viegas. **Fisiologia sensorial.** Revista da biologia. São Paulo, 2010.

SANTOS, Rocilene Otaviano dos. **Estrutura e Funções do Côrte Cerebral.** Monografia em Ciências da Saúde – Centro Universitário de Brasília. 2002.

SEKEFF, Maria de Lourdes. **Da música: seus usos e recursos.** 2. Ed. São Paulo: Editora UNESP, 2007.1

SCHAEFFER, Pierr. *Traité des objects musicaux: essai interdisciplines.* Paris: Éditions du Seuil, 1966.

VIANA, Regina Lúcia. A integração do Surdo: uma abordagem multissensorial. Rio de Janeiro: CELD, 1996.

WECKER, Karl. *Music for Totally Deaf Children.* Music Educators Journal. vol 6. p. 45-47. 1939.

APÊNDICE A

CÓDIGO PARA O ARDUINO

```

Int motor = 11; // o motor vai no pino 11
void setup()
{
  pinMode(motor, OUTPUT); // o motor é um dispositivo de saída
  // - Linha
  pinMode(3, OUTPUT);
  pinMode(4, OUTPUT); // as linhas se alternam entre ligada ou
  desligada
  pinMode(5, OUTPUT);
  pinMode(6, OUTPUT);

  // - Colunas
  pinMode(8, INPUT);
  pinMode(9, INPUT); // as colunas recebem o sinal
  pinMode(10, INPUT);
  Serial.begin(9600);
  Serial.printIn("Aguardando acionamento das teclas..."); 
  // mostra (no PC) que o programa já está esperando o acionamento

  Void loop ()
  { int saída = 0; // inicia o motor desligado
    for (int ti = 3; ti<7; ti++)
    {
      digitalWrite(3, LOW);
      digitalWrite(4, LOW);
      digitalWrite(5, LOW); // Alterna o estado dos pinos das linhas
      digitalWrite(6, LOW);
      digitalWrite(ti, HIGH);

      if (digitalRead(8) == HIGH)
      {
        if (ti==3) { saída = 250; // coloca 83% no motor, nota B
        }else if (ti==4){ saída = 235; // coloca 79% no motor, nota A#
        }else if (ti==5){ saída = 215; // coloca 74% no motor, nota A
        }else{ saída = 190; // coloca 70% no motor, nota G#
        }
        Serial.printIn(saída);
      }
    }
  }
}

```

```

    analogWrite(motor, 255);delay(40); // o motor precisa de 40ms
no Maximo para responder
    while(digitalRead(8) == HIGH) {analogWrite(motor, saída);}
    analogWrite(motor, 0);
}
If (digitalRead(9) == HIGH)
{
    if (ti==3) { saída = 175; // coloca 65% no motor, nota G
}else if (ti==4){ saída = 155; // coloca 62% no motor, nota F#
}else if (ti==5){ saída = 145; // coloca 59% no motor, nota F
}else{ saída = 125; // coloca 55% no motor, nota E
}
Serial.println(saída);
analogWrite(motor, 255);delay(45); // o motor precisa de 45ms
no Maximo para responder
    while(digitalRead(9) == HIGH) {analogWrite(motor, saída);}
    analogWrite(motor, 0);
}
If (digitalRead(10) == HIGH)
{
    if (ti==3) { saída = 118; // coloca 52% no motor, nota D#
}else if (ti==4){ saída = 110; // coloca 49% no motor, nota D
}else if (ti==5){ saída = 100; // coloca 45% no motor, nota C#
}else{ saída = 90; // coloca 44% no motor, nota C
}
Serial.println(saída);
analogWrite(motor, 255);delay(50); // o motor precisa de 50ms
no Maximo para responder
    while(digitalRead(10) == HIGH) {analogWrite(motor, saída);}
    analogWrite(motor, 0);
}
}
delay(10); // após todo o teste, o programa espera 10 milissegundos
para testar tudo novamente
}

```

APÊNDICE B

QUESTIONÁRIO PARA SURDOS E OUVINTES SEM OU COM POUCO CONHECIMENTO MUSICAL

Teste de percepção tátil

1. Idade: _____ Sexo: _____ Natural de: _____

2. Você se considera uma pessoa surda? Sim () Não ()

3. Você possui conhecimento de educação formal musical?

() Sim () Não

4. Caso sua resposta anterior tenha sido “Sim”, qual destes elementos você já estudou?

() Solfejo Rítmico () Solfejo Melódico () Nenhum destes

5. O aparelho vibrará, duas vezes por item, com frequência determinadas pelo instrutor, você irá apenas indicar se as frequências serão iguais ou diferentes.

Iguais	Diferente

6. O aparelho emitirá uma sequência de vibrações por determinado tempo. Com a palma da mão, reproduza essa sequência. Ex.: batendo palma ou na mesa.

a)

b)

APÊNDICE C

QUESTIONÁRIO PARA OUVINTES MÚSICOS

Teste de percepção tátil

1. Idade: _____ Sexo: _____ Natural de: _____

2. A quanto tempo você estuda/trabalha com música? _____

3. O aparelho vibrará, duas vezes por item, com frequência determinadas pelo instrutor, você irá apenas indicar se as frequências serão iguais ou diferentes.

Iguais	Diferente

4. O aparelho emitirá uma sequência de vibrações por determinado tempo. Conhecendo as figuras de valores, transcreva o trecho rítmico emitido.

5. O aparelho vibrará, nota a nota, uma oitava ascendente e descendente a partir da nota Dó. Logo após serão tocadas sequências de notas em forma de ditado melódico, assinale qual das alternativas corresponde ao trecho tocado. Obs. Um trecho refere-se à uma das opções da letra A e o outro trecho refere-se à uma das opções da letra B



6. Uma melodia de uma música tradicional será tocada, indique o nome desta música.
