

BEATRIZ RIBEIRO GUTIERREZ

**PROJETO DE UM DISPOSITIVO AUXILIAR PARA APRENDIZADO MUSICAL DE
CRIANÇAS COM DIFICULDADES MOTORAS**

BEATRIZ RIBEIRO GUTIERREZ

**PROJETO DE UM DISPOSITIVO AUXILIAR PARA APRENDIZADO MUSICAL DE
CRIANÇAS COM DIFICULDADES MOTORAS**

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de
Curso de Graduação em Engenharia Mecânica da
Faculdade de Engenharia do Campus de
Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista,
como parte dos requisitos para obtenção do diploma
de Graduação em Engenharia Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Sampaio
Martins

Co-orientadora: Prof^a. Camilla Gandine
Gonçalves

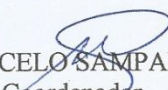
Guaratinguetá- SP
2016

G984p	Gutierrez, Beatriz Ribeiro Projeto de um dispositivo auxiliar para aprendizado musical de crianças com dificuldades motoras / Beatriz Ribeiro Gutierrez – Guaratinguetá, 2016. 46 f : il. Bibliografia: f. 44-46 Trabalho de Graduação em Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2016. Orientador: Prof. Dr. Marcelo Sampaio Martins Coorientadora: Prof^ª Dr^ª Camilla Gandine Gonçalves 1. Biomecânica 2. Equipamentos de autoajuda para deficientes 3. Educação inclusiva I. Título CDU 612.766
-------	--

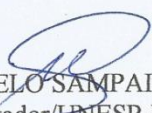
Beatriz Ribeiro Gutierrez

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
"GRADUADO EM ENGENHARIA MECÂNICA"

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA MECÂNICA


Prof. Dr. MARCELO SAMPAIO MARTINS
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. MARCELO SAMPAIO MARTINS
Orientador/UNESP-FEG


Prof. Dr. JOSÉ ELIAS TOMAZINI
UNESP-FEG


Prof. Dr. MARCOS VALÉRIO RIBEIRO
UNESP-FEG

Dezembro de 2016

DADOS CURRICULARES

Beatriz Ribeiro Gutierrez

NASCIMENTO 25.11.1989 – São Paulo / SP

FILIAÇÃO Tomas Gutierrez Montero
 Vanda Carmem Ribeiro Gutierrez

2009/2016 Curso de Graduação
 Engenharia Mecânica – Universidade Estadual Paulista “Júlio de
 Mesquita Filho” – Campus de Guaratinguetá.

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus que sempre olhou por mim e me guiou pelos melhores caminhos me trazendo até aqui. Que ele continue me conduzindo de forma tão especial.

Agradeço principalmente aos meus pais, *Tomas e Vanda*, e a melhor irmã do mundo, *Raquel*. Só eles sabem os esforços que fizeram para criar duas filhas, nos dar uma vida boa e cheia de oportunidades. Sem eles eu não teria chegado até aqui e não teria forças para continuar. Espero um dia retribuir todo o esforço e carinho.

Agradeço também a toda minha família e especialmente àquela família do coração, *Tio Renato, Tia Regina, Andrea e Guilherme*, obrigada por nos acolherem sempre tão bem e por terem estado ao meu lado durante tantas etapas da minha vida. Vocês serão para sempre minha família.

E um agradecimento especial à família de Guará, *Aline Frigo, Aline Baldissera, Ana Julia, Julia, Letícia, Priscila, Raíssa, Renata e Thais*. Que me acompanharam em todos os momentos, que me fizeram rir, chorar, brigar, aprender a ter responsabilidades. Meninas da BMQ e agregadas levarei vocês para sempre comigo, cada risada, cada jeito, cada uma está na minha lembrança.

Ao apoio, risadas, choros dos colegas da engenharia mecânica que estiveram comigo desde o primeiro dia de aula, *Aline e Daniel* e também dos que surgiram depois, mas que estarão para sempre no coração: *Camila, Thaiane e Ana Beatriz*.

A esta universidade, seu corpo docente, direção e administração que me permitiram a oportunidade de usufruir do conhecimento transmitido, contagiado pela confiança e ética aqui presente.

Agradeço a todos os professores por me transmitirem o conhecimento teórico e pessoal, pela dedicação, e por terem me feito uma profissional.

E por fim, e principalmente, agradeço ao meu orientador *Prof. Dr. Marcelo Sampaio*, por me orientar, incentivar e me ajudar nesse período da execução do trabalho de graduação.

E a todos que direta ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigado.

“Por vezes sentimos que aquilo que fazemos não é
senão uma gota de água no mar. Mas o mar seria
menor se lhe faltasse uma gota”.

(Madre Teresa de Calcuta)

GUTIERREZ, B. R. **Projeto de um dispositivo auxiliar para aprendizado musical de crianças com dificuldades motoras**. 2016. 46 f. Trabalho de Graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

RESUMO

Este trabalho apresenta uma proposta para projetar um dispositivo mecânico para auxiliar o aprendizado musical de crianças com deficiência dos membros superiores. Durante seu desenvolvimento, viu-se a possibilidade de abranger outros tipos de atividades, além das musicais, e abranger adultos além de crianças, portanto, a partir dessa observação, desenvolveu-se um projeto mais geral. O projeto é baseado em um trabalho desenvolvido pela Universidade de Grenoble, na França, e visa aumentar a inclusão e facilitar o aprendizado desses deficientes. O dispositivo é dividido basicamente por três estruturas principais: a estrutura vertical, a estrutura horizontal, essas duas dando rigidez para o dispositivo; e a estrutura para sustentação dos membros superiores. O conjunto permite que seja sustentado braço e antebraço de um deficiente para auxiliar o desenvolvimento de atividades. O custo estimado para esta proposta é inferior ao custo da maioria das adaptações existentes no mercado, o que valida esse dispositivo como uma solução viável.

PALAVRAS-CHAVE: Deficiência. Motora. Música. Projeto para deficientes. Educação inclusiva.

GUTIERREZ, B. R. **Project of an auxiliary device for musical learning of children with motor disabilities**. 2016. 46 f. Graduation Work (Graduate in Mechanical Engineering) - Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2016.

ABSTRACT

This paper proposes a mechanical device to aid the musical learning of children with disabilities of the upper limbs. During its development, it was possible to cover other types of activities, besides the musical ones, and to include adults besides children, therefore, from this observation, a more general project was developed. The project is based on a similar project developed by the University of Grenoble, in France, and aims to increase inclusion and facilitate the learning of disabled people. The device is divided basically by three main structures: the vertical structure, the horizontal structure - these two giving rigidity to the project - and the structure for support of the upper limbs. The set allows the arm and forearm of a handicapped person to be supported to assist the development of activities. The estimated cost for this proposal is less than the cost of most adaptations in the market, which validates this device as a viable solution.

KEYWORDS: Disability. Upper limbs. Music. Disabilities projects. Inclusive education.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Estatística dos tipos de deficiência no Brasil.	13
Figura 2 - Alimentação. a) Fixador do talher à mão. b) Anteparo de alimentos no prato.	20
Figura 3 - Vestuário. a) Argola para zíper. b) Cadeado mola.	20
Figura 4 - Materiais Escolares. a) Engrossadores de lápis. b) Virador de página por acionadores.	20
Figura 5 - a) Prancha de comunicação impressa. b) Vocalizadores de mensagens gravadas.	20
Figura 6 - a) Diferentes modelos de mouse. b) sistema EyeMax para controle do computador com movimento ocular.	21
Figura 7 - Projeto de acessibilidade: a) Banheiro. b) Cozinha.	21
Figura 8 - Carrinho de transporte infantil, cadeira de rodas de autopropulsão, andador com freio.	22
Figura 9 - Lupas manuais, lupa eletrônica, aplicativos para celulares com retorno de voz.	22
Figura 10 - Aparelho auditivo; celular com mensagens escritas e chamadas por vibração, aplicativo que traduz em língua de sinais, mensagens de texto, voz e texto fotografado.	23
Figura 11 - Cartões musicais de papel.	25
Figura 12 - Teste do sistema de TUI aliada à RA. a) Montagem do sistema. b) Interação entre os cartões de papel e os botões virtuais.	26
Figura 13 - Ilustração da alavanca. DS: baqueta. S: mola. EM: eletroímã.	26
Figura 14 - Evolução do dispositivo auxiliar para a prática do xilofone até o produto final.	30
Figura 15 - Peças doadas à Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá.	30
Figura 16 - Relações entre altura e profundidade para alcance manual lateral para pessoas em cadeiras de rodas.	31
Figura 17 - Superfície de trabalho.	32
Figura 18 - Vista isométrica da montagem.	34
Figura 19 - Vista frontal e vista lateral esquerda.	35
Figura 20 - Dimensões finais.	35
Figura 21 - a) Garfo. b) Apoio dos membros superiores.	36
Figura 22 - Conexões de diversos tipos para tubos.	38
Figura 23 - Tripé para banner.	39
Figura 24 - Estrutura para análise.	40
Figura 25 - Estudo estático com o diâmetro de 3/4".	41

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Informações selecionadas para a escolha do material.	42
Tabela 2 -	Análise de custos.	43

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

CAT	Comitê de Ajudas Técnicas
CORDE	Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa portadora de Deficiência.
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
SEDH	Secretaria Especial dos Direitos Humanos
RA	Realidade Aumentada
TA	Tecnologia Assistiva
TUI	Interfaces tangíveis, do inglês: <i>Tangible User Interfaces</i>
$P_{máximo}$	Peso dos membros superiores do usuário [N]
m_u	Massa dos membros superiores do usuário [kg]
g	Aceleração da gravidade [m/s ²]

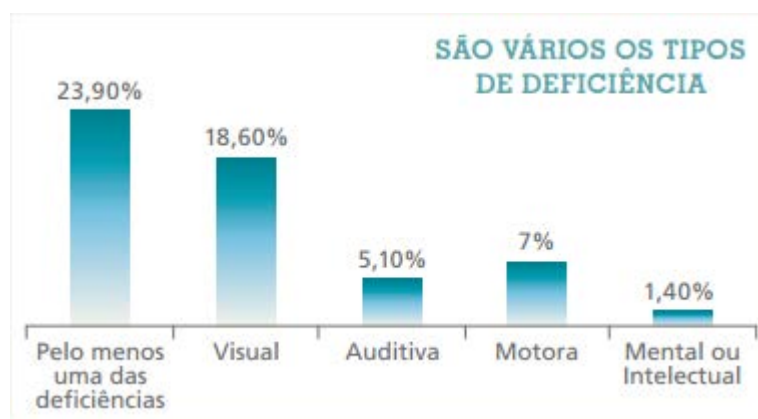
SÚMARIO

1	INTRODUÇÃO.....	13
1.1	OBJETIVO	15
1.2	JUSTIFICATIVA	15
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	A IMPORTÂNCIA DA MÚSICA PARA OS DEFICIENTES.....	16
2.2	O PAPEL DA ENGENHARIA NO PROCESSO DE INCLUSÃO	17
2.2.1	A tecnologia assistiva	18
2.2.2	Dispositivos de inclusão	23
2.3	TIPOS DE DEFICIÊNCIA BENEFICIADAS	27
3	PROJETO CONCEITUAL.....	29
3.1	REQUISITOS DE PROJETO	29
3.1.1	Projeto base	29
3.1.2	Restrições	31
3.2	DISPOSITIVO PROPOSTO.....	33
3.3	PROJETO DETALHADO	35
3.3.1	Sustentação dos membros superiores.....	36
3.3.2	Estruturas vertical e horizontal.....	37
3.3.2.1	Análise estrutural	37
3.3.2.2	Dimensionamento do tubo	39
3.3.2.3	Material	41
4	DISCUSSÕES E AVALIAÇÃO DE CUSTOS.....	43
5	CONCLUSÕES	45
	REFERÊNCIAS	46

1 INTRODUÇÃO

Segundo o último Censo feito em 2010 pelo IBGE, 23,9% da população brasileira possui algum tipo de deficiência – visual, motora, auditiva e mental ou intelectual (Figura 1). Os direitos das pessoas deficientes podem se basear tanto nos direitos humanos e, por isso, devem ser livres de qualquer preconceito, como nas próprias características dessa porção da população (IBGE, 2012).

Figura 1 - Estatística dos tipos de deficiência no Brasil.



Fonte: (IBGE,2012).

Foi somente em meados do século XX que se iniciou um período de maior preocupação por uma sociedade inclusiva. Primeiro, com o aparecimento da educação especial – que é aquela voltada para deficientes com necessidades especiais de todos os tipos, mas que devido ao fato de possuir salas de aulas e escolas especializadas para esses alunos, continua a segregar e a não contribuir com a inserção desse grupo na sociedade – e mais recentemente, com a introdução da educação inclusiva que segundo Louro (2003, p. 30) é “a criação de meios eficazes para a inserção dos portadores de deficiências dentro do sistema comum de ensino, deixando a educação especial para casos muito comprometedores”.

De acordo com Jannuzzi (2004) a partir de 1930, entidades filantrópicas que começaram a ser fundadas, organizações de pessoas e o governo desencadearam ações visando à inclusão do público com necessidades especiais.

Os avanços para uma sociedade inclusiva vêm sendo cada vez mais valorizados nas esferas sociais, pedagógica e tecnológica. Há inovações em computadores, aplicativos, na forma do atendimento, nas salas de aula, tudo para que esse grupo, antes discriminado, possa buscar seus direitos dentro da nossa sociedade (VIEIRA, 2012).

Dentro desse tema, há vários recursos pedagógicos que auxiliam no aprendizado e entendimento dos portadores de deficiências e que contribuem para o desenvolvimento da educação inclusiva, e um deles é a música. Como visto em Massaro (2012), uma troca de conhecimento e comunicação entre professor e aluno, não basta para o processo de ensino-aprendizagem. É necessário que o conteúdo seja compreendido pelo aluno e nesse ponto a música é muito útil, pois insere o deficiente nas atividades de aprendizado.

Foi principalmente a partir da revolução francesa que a música passou a ser incorporada na literatura pedagógica de forma mais eficiente (LOURO, 2003). Ela trabalha com a parte cognitiva, afetiva e estratégica, sendo uma ótima forma da expressão humana e justificando, por isso, sua presença na escola.

Portanto, falando-se de pessoas com algum tipo de necessidade especial, a música adaptada como recurso de comunicação suplementar e alternativa é muito importante para o desenvolvimento da competência comunicativa, da linguagem e para interações sociais, possibilitando o acesso às atividades acadêmicas de acordo com as necessidades de cada pessoa e servindo de motivação para a aprendizagem (MASSARO, 2012).

A evolução da tecnologia tem um papel vital para se ter avanços na área de inserção do deficiente na sociedade, é nesse ponto que a Engenharia ganha seu papel. Segundo o dicionário MICHAELIS, engenharia é “Arte de aplicar os conhecimentos científicos à invenção, ao aperfeiçoamento ou à utilização da técnica industrial em todas as suas determinações”. Portanto, neste novo contexto de inclusão, a engenharia tem o papel fundamental de entender e atender as necessidades especiais dos deficientes e ajudar com soluções úteis que facilitem a vida desse grupo.

Este trabalho, com o intuito de utilizar a engenharia para ajudar no processo de inclusão, será apresentado em capítulos e foi estruturado da seguinte forma: no capítulo 1, foi feita uma introdução sobre o assunto, e também será comentado o objetivo do trabalho e a motivação que conduziram a esse projeto; no capítulo 2, encontra-se uma revisão bibliográfica visando evidenciar o papel da música e da engenharia no processo de inclusão e os tipos de deficiências que poderão ser beneficiadas com o projeto. A partir desse ponto, é discutido o projeto do dispositivo; no capítulo 3, o projeto conceitual, que comenta os requisitos e restrições necessárias e apresenta o dispositivo proposto; no capítulo 4, é discutida a estrutura do projeto, citando suas características e utilização; e por fim, no capítulo 5, são apresentados os resultados obtidos e alguns comentários. O trabalho é finalizado com uma conclusão geral sobre o tema, e em seguida apresenta-se a bibliografia consultada.

1.1 OBJETIVO

O trabalho tem como objetivo, a partir de um projeto base, projetar um dispositivo mecânico para o aprendizado musical visando auxiliar e incluir uma criança com deficiência motora dos membros superiores. Pretendendo, também, fabricá-lo a partir de componentes de baixo custo.

1.2 JUSTIFICATIVA

A ideia para esse tema se inspirou em um projeto similar realizado na Universidade de Grenoble, na França, e devido à apresentação de resultados positivos naquele país, criou-se a vontade de aplicá-lo no Brasil.

Como visto através do Censo de 2010, quase um quarto (23,9%) da população brasileira possui algum tipo de deficiência, sendo esse, um número bem relevante para o país. Portanto, esse trabalho parte da motivação de, com os conhecimentos de engenharia adquiridos durante a graduação, poder ajudar e facilitar a vida de um, ou muitos, deficientes no Brasil.

A discussão que ele traz é de extrema relevância para o campo da educação inclusiva. Porém, seu principal foco é a criação de um projeto de engenharia, uma vez que já existem

discussões a respeito do tema, mas poucas adaptações realmente projetadas e concretizadas. Ou seja, poucos modelos inovadores com a intenção de acabar com a discriminação do deficiente e trabalhar pela sua inclusão social.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este capítulo apresenta uma revisão da literatura sobre o papel da música e da engenharia na vida de um deficiente, mostrando que há poucas pesquisas e dispositivos que abordam esses dois temas. Além disso, são comentados quais os tipos de deficiências que podem ser beneficiadas por esse projeto. É neste capítulo, também, que discutimos a proposta do dispositivo mecânico estudado, assim como os requisitos e limitações do projeto.

2.1 A IMPORTÂNCIA DA MÚSICA PARA OS DEFICIENTES

A música é onipresente. Numerosos estudiosos em muitos campos determinaram que a música fosse útil, mesmo indispensável, para além da sua disposição óbvia de realização estética e somática. Esses estudiosos diferem, normalmente, no que os propósitos da música são e sobre a importância relativa das suas diversas aplicações (LUBET, 2011).

Ainda segundo Lubert (2011), um pioneiro deste estudo sobre a música foi Charles Darwin, que teorizou que a música indica um valor evolucionário. E que além do benefício individual, a realização de musicalidade humana era um benefício para a propagação da espécie como um todo. Darwin especulou que a música tinha que servir a algo que impulsionasse a sobrevivência da espécie, servir a um propósito evolutivamente vantajoso já que era uma prática humana universal.

De acordo com Ferreira (2005), a música faz parte da vida do ser humano e pode ser considerada como uma linguagem contribuindo, assim, para a interação entre as pessoas. Ela tem a capacidade de envolver e permite um trabalho interdisciplinar enriquecendo o desenvolvimento cognitivo e sensitivo das pessoas e a relação entre indivíduo e mundo.

Essa forma de expressão vai além da palavra falada, utiliza-se de gestos, sons, movimentos corporais, sendo uma grande facilitadora do diálogo intersubjetivo (GUIMARÃES, 2008).

Em sua obra, Alvin (1967 apud GUIMARÃES, 2008, p.40) comenta que a mais social de todas as artes é a música, e seu valor está em funcionar como uma válvula emocional. Ela representa uma experiência compartilhada em diversos grupos sociais e lugares, e na nova educação inclusiva, as oficinas musicais representam a evolução social em grupos mais heterogêneos.

A música pode favorecer a compreensão dos conteúdos acadêmicos e a formação integral do aluno. Além de servir de suporte para o aprendizado, serve de motivação – que pode ser considerada como uma das principais condições para que os objetivos educacionais sejam alcançados – e eleva a autoestima (FERREIRA, 2005).

Em seu artigo, Lubert (2011) afirma que a educação é um direito humano fundamental, e complementa dizendo que os direitos dos deficientes são direitos humanos sendo, portanto a educação inclusiva é um direito fundamental dos deficientes. Um dos mais essenciais, garantindo uma vida independente e máxima autodeterminação. Como a música é uma capacidade humana vital e uma atividade importante na vida, o acesso à música é, portanto, também um direito humano. Sendo a música tanto um aprendizado, quanto uma atividade social, ela é essencial para a educação inclusiva.

No seu aspecto sociocultural, a música tem a capacidade de lidar com a heterogeneidade em sala de aula por não possuir a necessidade de trabalhar de forma linear, não demandando dos alunos um desenvolvimento homogêneo, além de auxiliar os vínculos inter e intrapessoais (GUIMARÃES, 2008).

Não pode-se esquecer que a música por si só não é a chave para tudo. A educação em geral tem que ser a maior preocupação. Segundo Louro (2003), a educação especial, ou seja, aquela voltada somente para deficientes em escolas e salas de aula separadas, trouxe muito benefícios, isto é inegável, mas não resolveu o problema da inserção dessas pessoas no ambiente social comum. Esse problema pode ser sanado através da educação inclusiva, aquela que cria meios eficazes de inserir o aluno deficiente em um sistema de ensino comum, e isso só é possível com, além de boa vontade, uma política clara e compromisso social.

2.2 O PAPEL DA ENGENHARIA NO PROCESSO DE INCLUSÃO

Em um sentido amplo, a vida é facilitada pela evolução da tecnologia. Ferramentas foram desenvolvidas especialmente para favorecer e simplificar a vida e estão cada vez mais presente no cotidiano das sociedades. Computadores, talheres, telefones celulares, a internet em si, controles remotos, e tantos outros recursos, são instrumentos criados para facilitar nossas funções diárias (BERSCH, 2013).

Segundo Wallace (2011), o desenvolvimento de novas tecnologias possibilita maior independência e qualidade de vida para as pessoas com deficiências, pois aumenta significativamente a capacidade de recuperar e compensar os problemas relacionados com condições neurológicas.

Vê-se, portanto, que essa evolução é muito importante para facilitar, sobretudo, a vida dos deficientes. E nesse ponto, a engenharia é fundamental para auxiliar o avanço tecnológico.

Nesta seção, fala-se um pouco sobre as tecnologias envolvidas no processo de inclusão.

2.2.1 A tecnologia assistiva

De acordo com o Comitê de Ajudas Técnicas (CAT/CORDE/SEDH), Tecnologia Assistiva é:

“(...) uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social” (BRASIL, 2007, p.3).

A Tecnologia Assistiva (TA) proporciona a realização de tarefas diárias por pessoas com deficiências e os auxilia na comunicação. Ela facilita o acesso à educação, ao trabalho, e ao lazer à medida que maximiza as funções físicas e diminui os impactos da deficiência. São exemplos de TA, cadeiras de rodas, scooter, controles de automóveis e de ambientes em geral,

próteses, aparelhos auditivos e dispositivos de entrada alternativos, para computadores, e telefones celulares (BURGSTAHLER, 2011).

O maior propósito da Tecnologia Assistiva (TA) é ajudar diretamente na melhora da qualidade de vida, na maior independência e na inclusão do deficiente, devendo desenvolver a habilidade funcional deficitária ou possibilitar a realização de uma função desejada, e que antes se encontrava impedida, por meio do desenvolvimento da sua mobilidade, comunicação e habilidades de aprendizado e trabalho (BERSCH, 2013).

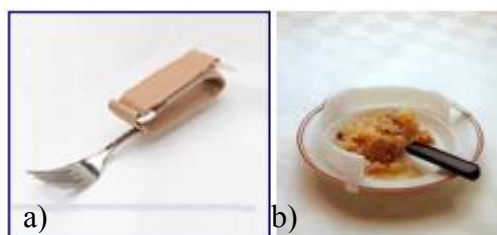
A TA junto à educação inclusiva, que foca no desenvolvimento das potencialidades do aluno, proporciona a diminuição das barreiras arquitetônicas, de comunicação, entre outras, e possibilitam a participação dos alunos com deficiência nas atividades escolares (QUEIROZ, 2015).

Essa tecnologia pode ser desenvolvida sob medida, artesanalmente ou produzida em série dependendo da necessidade. Ela também pode ser aplicada de um modo geral – ou seja, à maioria das atividades que o usuário desenvolve – ou pode ser destinada a um uso específico (LOURO, 2003).

Bersch (2013) classifica a TA em categorias, somente para uma finalidade didática e com o objetivo de organizar a utilização:

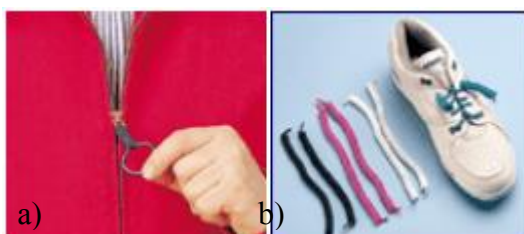
- Auxílios para vida diária e vida prática: produtos que facilitem a independência em tarefas rotineiras como se alimentar, cozinhar, tomar banho e vestir-se. As Figuras 2, 3 e 4 mostram alguns exemplos desses utensílios.
- Comunicação Alternativa e Aumentativa (CAA): destinada para pessoas sem ou com defasagem de fala ou escrita funcional. Caracterizados por pranchas de comunicação, construídas com simbologia gráfica (BLISS, PCS e outros), letras ou palavras escritas; vocalizadores (pranchas com produção de voz) ou computadores com *softwares* específicos ou *tablets* (Figura 5).

Figura 2 - Alimentação. a) Fixador do talher à mão. b) Anteparo de alimentos no prato.



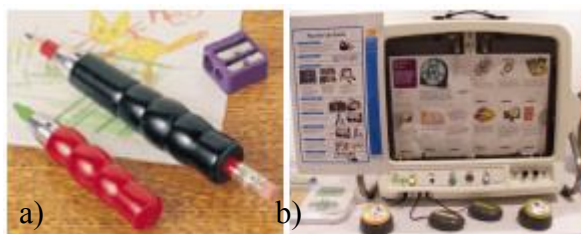
Fonte: (BERSCH,2013).

Figura 3 - Vestuário. a) Argola para zíper. b) Cadarço mola.



Fonte: (BERSCH,2013).

Figura 4 - Materiais Escolares. a) Engrossadores de lápis. b) Virador de página por acionadores.



Fonte: (BERSCH,2013).

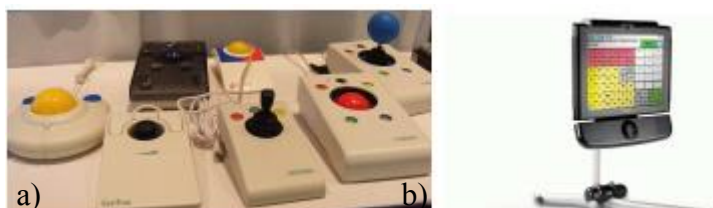
Figura 5 – a) Prancha de comunicação impressa. b) Vocalizadores de mensagens gravadas.



Fonte: (BERSCH,2013).

- Recursos de acessibilidade ao computador: conjuntos de *hardware* e *software* especialmente idealizados para tornar o computador acessível (Figura 6).

Figura 6 – a) Diferentes modelos de mouse. b) sistema EyeMax para controle do computador com movimento ocular.



Fonte: (BERSCH,2013).

- Sistemas de controle de ambiente: ajustes de aparelhos eletrônicos, abertura e fechamento de portas e janelas, receber e fazer ligações telefônicas, “casas inteligentes”, tudo controlado direta ou indiretamente, por controle remoto.
- Projetos arquitetônicos para acessibilidade: exemplos apresentados na Figura 7.

Figura 7 - Projeto de acessibilidade: a) Banheiro. b) Cozinha.



Fonte: (BERSCH,2013).

- Órteses e próteses: confecção sobre medida de próteses (peças artificiais que substituem partes ausentes do corpo) e órteses (são colocadas junto a um segmento do corpo), garantindo-lhe um melhor posicionamento, estabilização e/ou função.

- Adequação postural: utensílios que garantam posturas alinhadas, estáveis, confortáveis e com boa distribuição do peso corporal.
- Auxílios de mobilidade: exemplos representados na Figura 8.

Figura 8 - Carrinho de transporte infantil, cadeira de rodas de autopropulsão, andador com freio.



Fonte: (BERSCH,2013).

- Auxílios para qualificação da habilidade visual e recursos que ampliam a informação a pessoas com baixa visão ou cegas: exemplos representados pela Figura 9.

Figura 9 - Lupas manuais, lupa eletrônica, aplicativos para celulares com retorno de voz.



Fonte: (BERSCH,2013).

- Auxílios para pessoas com surdez ou com deficit auditivo: exemplos representados pela Figura 10.

Figura 10 - Aparelho auditivo; celular com mensagens escritas e chamadas por vibração, aplicativo que traduz em língua de sinais, mensagens de texto, voz e texto fotografado.



Fonte: (BERSCH,2013).

- *Mobilidade em veículos*: recursos que possibilitem deficientes físicos dirigir um automóvel, além de facilitadores de embarque e desembarque.
- *Esporte e Lazer*: recursos que favorecem a prática de esporte e participação em atividades de lazer.

Deve-se diferenciar o que é ou não tecnologia assistiva. Não se pode esquecer que o foco é o usuário, ou seja, tecnologias que ajudem uma pessoa a desenvolver uma tarefa que normalmente ela teria dificuldade, não uma tecnologia que ajude o profissional, como um médico ou um professor, a realizar um tratamento ou ministrar uma aula mais interativa (BERSCH, 2013).

O propósito do profissional da tecnologia assistiva é propor um dispositivo assistivo que atenda as necessidades específicas para determinada deficiência, que seja adaptável às habilidades do deficiente e que realize funções únicas dentro do cotidiano dessa pessoa. O desenvolvimento do sistema de TA procura descobrir qual função (deficiência) deve ser avaliada, para a atividade que se deseja executar, em um lugar, ambiente ou pessoa específicos (COOK e HUSSEY, 2002).

2.2.2 Dispositivos de inclusão

Muitas adaptações sejam elas educacionais, pessoais, arquitetônicas ou tecnológicas, são desenvolvidas com o intuito de facilitar a vida de pessoas com algum tipo de deficiência. Conforme Thomann (2014), apesar de produtos baseados na TA oferecerem diversos benefícios para os deficientes, há estudos que mostram um grande problema com o abandono destes produtos. Devido aos requisitos necessários e, principalmente, à viabilidade econômica, projetar produtos para deficientes é um desafio. Algumas vezes, o nível de personalização de um produto é tão grande que prejudica a tentativa de redução de custo.

Um exemplo de adaptação é a artista plástica Daniela Caburro que com oito meses de idade contraiu poliomielite e ficou tetraplégica. A artista pinta telas com a boca graças a uma órtese (aparelho assistivo) desenvolvida por uma dentista, que lhe permite manter o pincel preso à boca sem machucá-la (BUSCATO 2002).

Burgstahler (2011), em seu artigo sobre o acesso a computadores e telefones celulares por pessoas com dificuldade de mobilidade, relata que esses dois recursos podem significar uma grande dificuldade de utilização para essas pessoas. Os autores fornecem como exemplo o fato de a maioria das cadeiras de rodas não encaixarem nas mesas padrão para computadores, ou o fato de muitos problemas de mobilidade envolver a falta de força dos braços e das mãos para utilizar os teclados padrão. No caso dos celulares, a dificuldade já começa no fato de ser preciso segurar o celular com uma mão e manuseá-lo com a outra e quando o celular possui tela *touch screen* a dificuldade aumenta. Como solução, o artigo diz que são necessárias pequenas adaptações, por exemplo, nos móveis, para apoiar o monitor e o teclado, como mesas com altura regulável, bandejas ajustáveis para mover o teclado para cima e para baixo, oferecendo máxima eficiência de digitação e teclados perpendiculares às bandejas da cadeira de rodas na altura da cabeça, para poder ajudar as pessoas com mobilidade reduzida e que utilizam dispositivos apontadores a pressionar as teclas. Nos celulares, principalmente os que utilizam tecnologia *touch screen*, a solução são componentes externos, como teclados e mouses e ainda empregar o uso de comando por voz.

No âmbito musical, a necessidade de modificações instrumental e nos móveis que dão suporte aos instrumentos é vital, porém ainda muito escassa, para incluir os deficientes no mundo da música. Quando se fala somente de deficiência física, a *performance* instrumental é um pouco menos complexa, do que para uma deficiência visual por exemplo, que necessita da transcrição das partituras para o Braille, entre outras adaptações (LOURO, 2003).

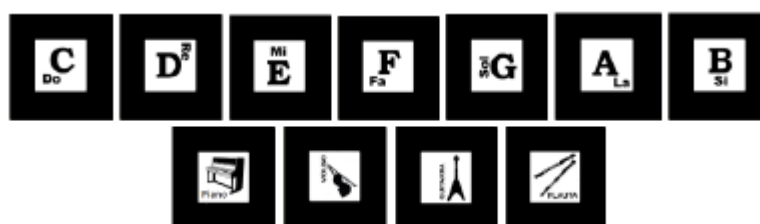
Mesmo necessitando de adaptações menos incisivas, há poucos deficientes físicos no campo musical e isso se deve, possivelmente, a ausência de uma metodologia eficaz, no país, que sustente todos os tipos de deficiências físicas existentes (LOURO, 2003).

No artigo “O Fazer Musical de Pessoas com Deficiência: as novas tecnologias propiciando a inclusão” se observa o que há de mais inovador, o projeto e o desenvolvimento de um sistema de interface tangível (TUI), aliada à tecnologia de realidade aumentada (RA) para ajudar deficientes na área musical. As TUIs são interfaces entre computador e o homem onde objetos físicos do ambiente são usados para controlar informações, já a RA rastreia objetos físicos por meio de sensores e câmeras e transforma-os em objetos virtuais que são mostrados ao usuário através de um equipamento de visualização (CORRÊA, 2012).

O projeto é muito estimulador para os usuários e consiste em um sistema computacional composto por um “*Menu de opções*” com três opções de atividades, exibidas em um monitor. Resumidamente, cada atividade utiliza cartões de papel (Figura 11), representando as notas musicais e diferentes tipos de instrumentos, que se transformam em botões virtuais (Figura 12) no monitor, possibilitando a execução da atividade escolhida (CORRÊA, 2012).

Outro exemplo bem interessante é o desenvolvimento de uma baqueta de bateria acionada por um sistema eletromecânico. Esse projeto permite que a baqueta bata em uma bateria, ou um tambor, através de um sistema de alavanca (Figura 13) eletromecânico. A baqueta (DS na Figura 13) rotaciona em torno do seu ponto de apoio devido à força produzida pelo eletroímã (EM na Figura 13) e devido a uma mola (S na Figura 13) que permite o retorno à posição inicial (THOMANN, 2014)

Figura 11 - Cartões musicais de papel.



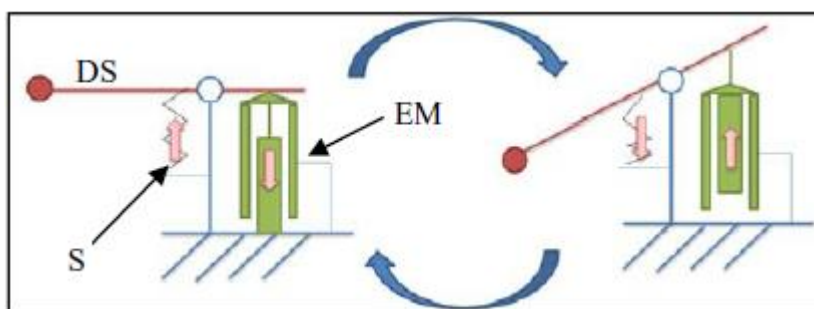
Fonte: (CORRÊA, 2012).

Figura 12 - Teste do sistema de TUI aliada à RA. a) Montagem do sistema. b) Interação entre os cartões de papel e os botões virtuais.



Fonte: (CORRÊA, 2012).

Figura 13 - Ilustração da alavanca. DS: baqueta. S: mola. EM: eletroímã.



Fonte: (THOMANN, 2014).

Conforme Ross (2006), empresas que já produziram algum tipo de adaptação podem ser consideradas mais inclusivas, acolhedoras e tolerantes. Elas se tornam mais democráticas, dando lugar à aprendizagem contínua, e substituem o sentimento de medo, ou risco, de enfrentar desafios por uma oportunidade de crescimento institucional, o que representa um ganho para a sociedade. O autor ainda afirma que essas adaptações dentro de uma organização podem provocar muitas outras mudanças em maior escala, como na construção de vias públicas seguras, no transporte urbano, na educação e outras mudanças que assegurem mais autonomia e independência às pessoas:

“Nesse sentido a deficiência passa a se constituir em mola propulsora de mudança em todas as dimensões da vida. As mudanças provocadas com a iniciação da pessoa com deficiência no mundo do trabalho produzem benefícios no âmbito das atitudes humanas, nas inovações tecnológicas, no sistema de gestão, na concepção de tempo, de espaço, de trabalho, na ergonomia, na comunicação interna (*endomarketing*) e na relação com o mercado.” (ROSS, 2006)

2.3 TIPOS DE DEFICIÊNCIA BENEFICIADAS

Podem-se dividir as deficiências, ou seja, excepcionalidades, em quatro grupos específicos: excepcionais intelectuais, excepcionais com desvios físicos, excepcionais psicossociais e excepcionalidades múltiplas. Dentro da subdivisão dos excepcionais com desvio físico, ainda temos outra divisão em dois grupos: os sensoriais, que compreende as deficiências auditivas e visuais; e os não sensoriais, que reuni os deficientes com dificuldades motoras (MAZZOTTA, 1982).

Segundo Louro (2003), os deficientes físicos não sensoriais têm a parte motora comprometida: dificuldade de locomoção, agilidade reduzida, falta de coordenação motora e força diminuída nos membros. De forma resumida, as deficiências não sensoriais podem ser divididas em:

- *Musculares*: podem ser neuromusculares (afeta primeiro o sistema nervoso e como consequência, os músculos). As mais conhecidas são: distrofias musculares progressivas, tipo Becker e Duchenne, e Amiotrofia Espinhal Progressiva. Ou podem ser miopatias (afetam somente os músculos): as miastenias e as hipotonias benignas;
- *Ósseas*: devido à má formação dos ossos. As mais comuns são: *Osteogenesis Imperfecta* (Ossos quebradiços), Má Formação Congênita (MFC), Displasia Congênita de Quadril (luxação congênita);
- *Artropáticas*: afetam primeiramente as articulações e geralmente são consequência de problemas neurológicos ou miopáticos. Os principais exemplos são Artrose e Artrite.

Em geral, essas deficiências não apresentam desvio intelectual e desde que seja proporcionado aos deficientes adaptações e facilidades de acesso, eles podem desfrutar de uma vida normal.

Neste trabalho é dado enfoque às excepcionalidades envolvendo fraqueza dos membros superiores, ou seja, a especificidade de excepcionais com desvios físicos não sensoriais, pois são eles que poderão ser beneficiadas pelo projeto apresentado.

3 PROJETO CONCEITUAL

Neste capítulo será apresentada a descrição do projeto desenvolvido, englobando os requisitos necessários para sua concepção e suas características.

3.1 REQUISITOS DE PROJETO

Como visto anteriormente, exemplos de dispositivos que envolvam música e deficiência, que sejam simples e, principalmente, de baixo custo, são pouco frequentes. Encontram-se muitas adaptações complexas que envolvam sistemas de alto nível tecnológico sendo, conseqüentemente, mais caras.

A ideia principal foi propor um dispositivo adaptado aos deficientes físicos dos membros superiores para facilitar a execução de atividades que exijam a coordenação motora das mãos, baseando-se em um projeto francês já executado e apresentado a Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá. Buscaram-se ferramentas e soluções mais gerais, para que possam ser utilizadas por mais de um usuário, que colaborem na execução de um instrumento musical, que sejam leves – para possibilitar a montagem por uma única pessoa – e ao menos tempo de baixo custo.

O dispositivo deve seguir algumas considerações para o seu desenvolvimento. Esses requisitos são apresentados a seguir.

3.1.1 Projeto base

O projeto desenvolvido constitui uma adaptação de um projeto similar desenvolvido na cidade de Grenoble, na França.

Em parceria com escolas especializadas em crianças deficientes, alunos de quatro diferentes universidades e escolas de engenharia desenvolveram, ao todo, dezessete projetos voltados para ajudar deficientes e, entre eles, está o projeto base para este trabalho de

graduação: um apoio especial para possibilitar a prática do xilofone (Figura 14) (MAGNIER, 2012).

Aqui no Brasil, o projeto foi apresentado, na Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, pelo próprio professor Guillaume Thomann, um dos idealizadores do projeto na França. Para o dispositivo em questão, foi doado pelo professor Guillaume peças que fazem parte do produto final e que foram desenvolvidas e confeccionadas durante a execução do projeto, na França (Figura 15). E também, foram fornecidos fotos e vídeos do projeto base para servir de inspiração e aplicá-lo aqui no Brasil.

Figura 14 - Evolução do dispositivo auxiliar para a prática do xilofone até o produto final.



Fonte: (MAGNIER, 2012).

Figura 15 - Peças doadas à Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá.



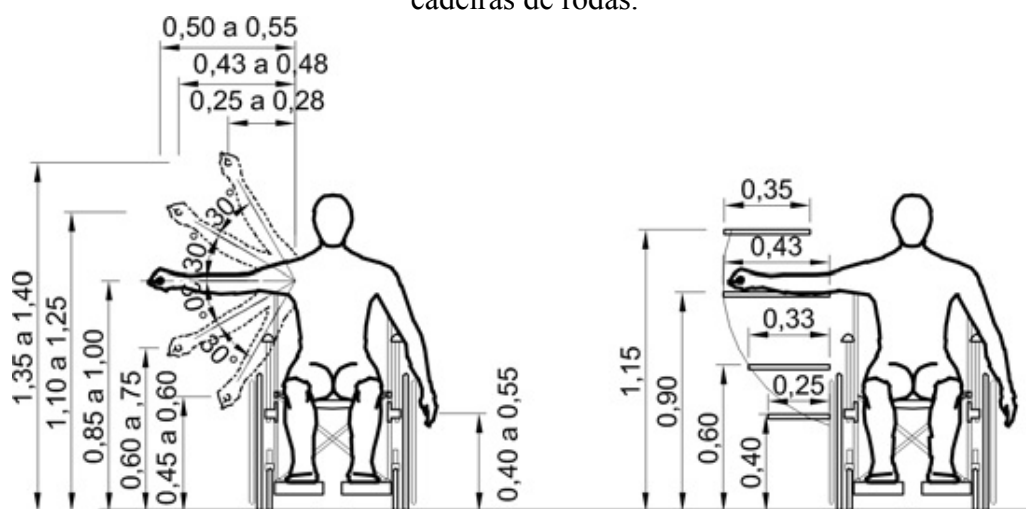
Fonte: (PRÓPRIO AUTOR, 2015)

3.1.2 Restrições

O dispositivo deve atender às necessidades de pessoas que possuam algum tipo de fraqueza muscular dos membros superiores e, portanto, é necessário considerar suas limitações. Com o aumento da acessibilidade, já existem estudos e normas que regulamentam o desenvolvimento de produtos para os deficientes.

O tipo de deficiência em questão pode implicar ou não, no uso da cadeira de rodas e, por ser o caso mais crítico, o dispositivo deve ser projetado considerando a necessidade de se encaixar nas dimensões de uma cadeira desse tipo. A Figura 16 mostra medidas padrões de altura, largura e alcance para uma pessoa em cadeira de rodas e a Figura 17, mostra a superfície de trabalho necessária por um cadeirante. De acordo com as duas Figuras, é possível chegar às condições de contorno do projeto.

Figura 16 - Relações entre altura e profundidade para alcance manual lateral para pessoas em cadeiras de rodas.



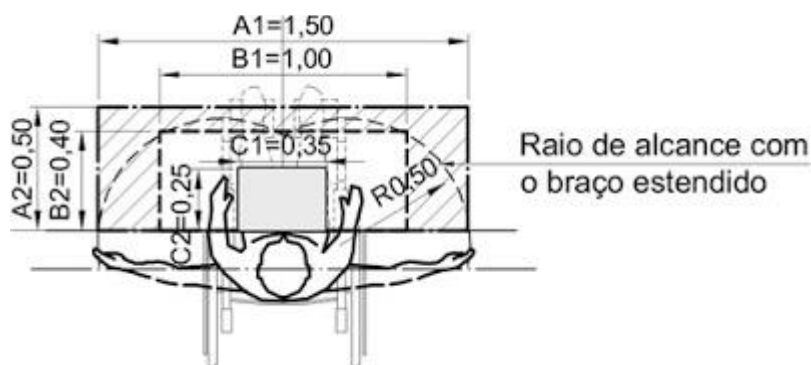
Fonte: (FERNANDES, 2015)

Em relação à altura vertical do dispositivo, a altura média de projeto é o alcance máximo manual (1,35 m a 1,40 m), situação em que o braço está totalmente levantado, como mostrado na Figura 16. Já que um deficiente dos membros superiores não possuirá mobilidade total como mostra a Figura, pode-se afirmar que essa altura não interferirá nas atividades, principalmente se for uma criança que é, normalmente, mais baixa.

Segundo o Blog do Cadeirante, a superfície de trabalho pode ser dividida em três áreas (Figura 17):

- a) $A1 \times A2 = 1,50 \text{ m} \times 0,50 \text{ m}$ = alcance máximo para atividades eventuais;
- b) $B1 \times B2 = 1,00 \text{ m} \times 0,40 \text{ m}$ = alcance para atividades sem necessidade de precisão;
- c) $C1 \times C2 = 0,35 \text{ m} \times 0,25 \text{ m}$ = alcance para atividades por tempo prolongado.

Figura 17 - Superfície de trabalho.



Fonte: (FERNANDES, 2015).

Desta forma, para as limitações horizontais da estrutura de suporte, considera-se a situação de alcance máximo para atividades eventuais como limitante. Lembrando que uma pessoa com fraqueza muscular, não consegue ter o movimento máximo do braço estendido, portanto, esta também será uma distância que certamente não atrapalhará os movimentos do usuário.

Já para a área de atividades, para encaixar uma mesa, por exemplo, a superfície de alcance não necessita ser máxima já que a atividade não é executada com os braços estendidos, então, pode-se considerar a situação “b”. Lembrando que segundo O Blog do cadeirante, a mesa de atividades deve estar a uma altura entre 0,75 m e 0,85 m do piso até a superfície superior da mesa. (FERNANDES, 2015).

As medidas apresentadas estão presentes na norma *ABNT NBR 9050 - Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*, dedicada à discussão dos critérios

técnicos para projeto de construção, instalação e adaptação para as condições de acessibilidade.

3.2 DISPOSITIVO PROPOSTO

O dispositivo proposto é apresentado nas Figuras 18 e 19, e é composto de uma estrutura vertical, uma estrutura horizontal e uma estrutura para sustentação dos membros superiores. Esta última é formada por uma roldana, um suporte (garfo) conectado à roldana, cordas e um suporte desenvolvido na França para o apoio do braço e antebraço.

A estrutura vertical é a sustentação do dispositivo. Ela é composta por dois tubos verticais que possibilitam a regulação da altura, para poder se ajustar às necessidades do usuário do projeto. Essa estrutura deve ser estável para que o dispositivo não tombe devido ao esforço suportado. No caso deste projeto, essa estrutura será formada por dois tripés.

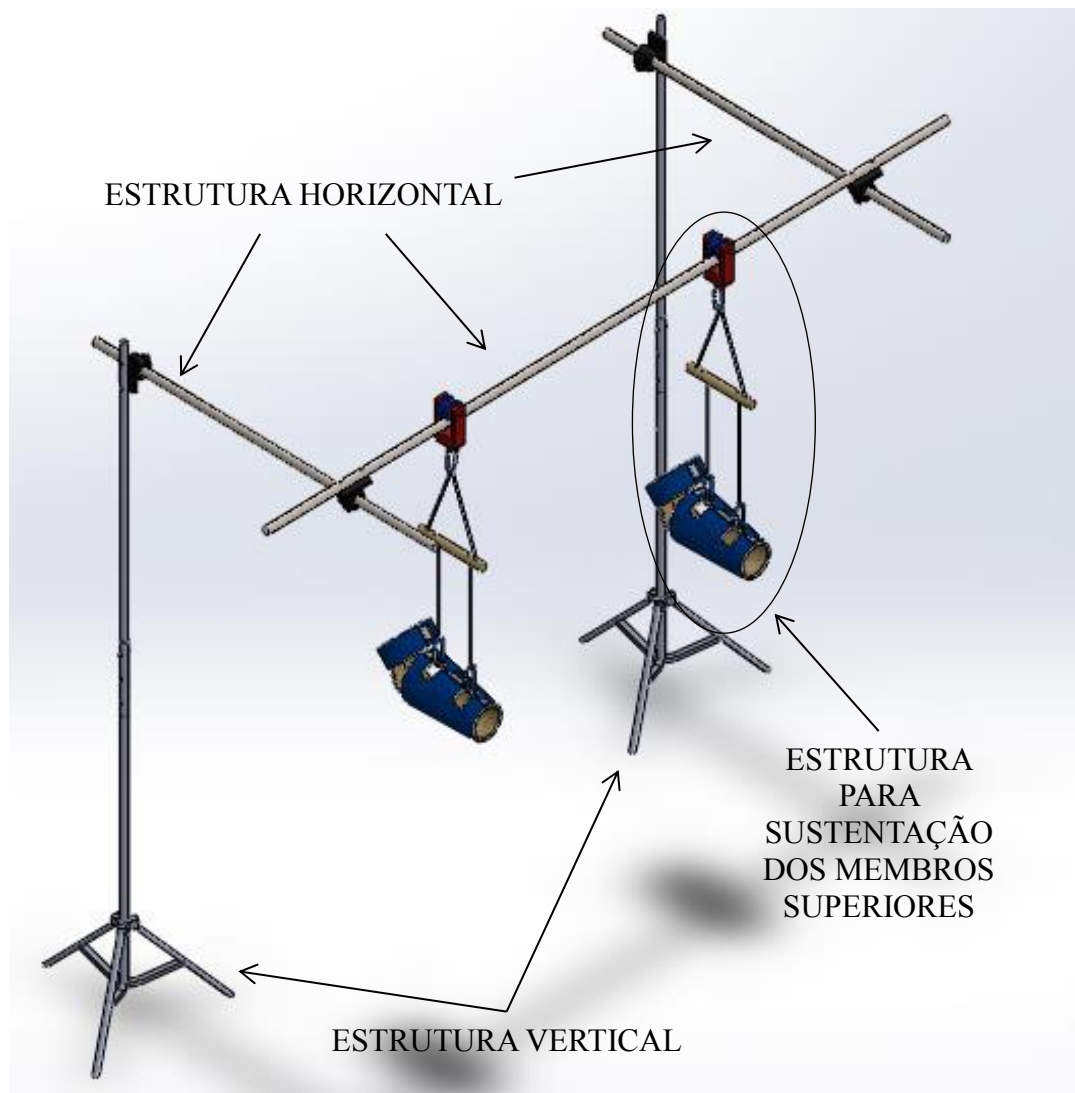
A estrutura horizontal é composta por três tubos horizontais conectados à estrutura vertical através de junções/conectores para tubos, e auxilia no dimensionamento do dispositivo e na sustentação da estrutura diretamente ligada ao usuário.

Pode-se usar qualquer tipo de conexão para juntar essas duas estruturas, desde que sejam respeitadas as dimensões limites. Neste projeto, usa-se um tipo de abraçadeira com flange - doada pelo projeto francês, já citado acima – que permite a conexão no plano perpendicular entre as estruturas. Essas duas estruturas juntas dão rigidez ao dispositivo.

As dimensões finais do projeto (Figura 20) foram baseadas nos requisitos apresentados anteriormente. O comprimento útil de 1,5 m do dispositivo foi decidido levando em conta a situação de alcance máximo para atividades, descrita no tópico anterior; a largura efetiva é regulável para melhor se encaixar a presença de uma mesa, ou um instrumento musical. O ideal é possuir um tubo de pelo menos 0,5 m livre para o deslocamento do horizontal.

O projeto permite que a altura seja regulável, para poder se adaptar às necessidades do usuário e para facilitar a montagem e a desmontagem do equipamento. A altura do dispositivo deve atender ao requisito de atingir em média 1,40 m como aconselhada no tópico anterior (Figura 16). Porém, os valores finais serão de acordo com o fabricante do tripé escolhido.

Figura 18 - Vista isométrica da montagem.



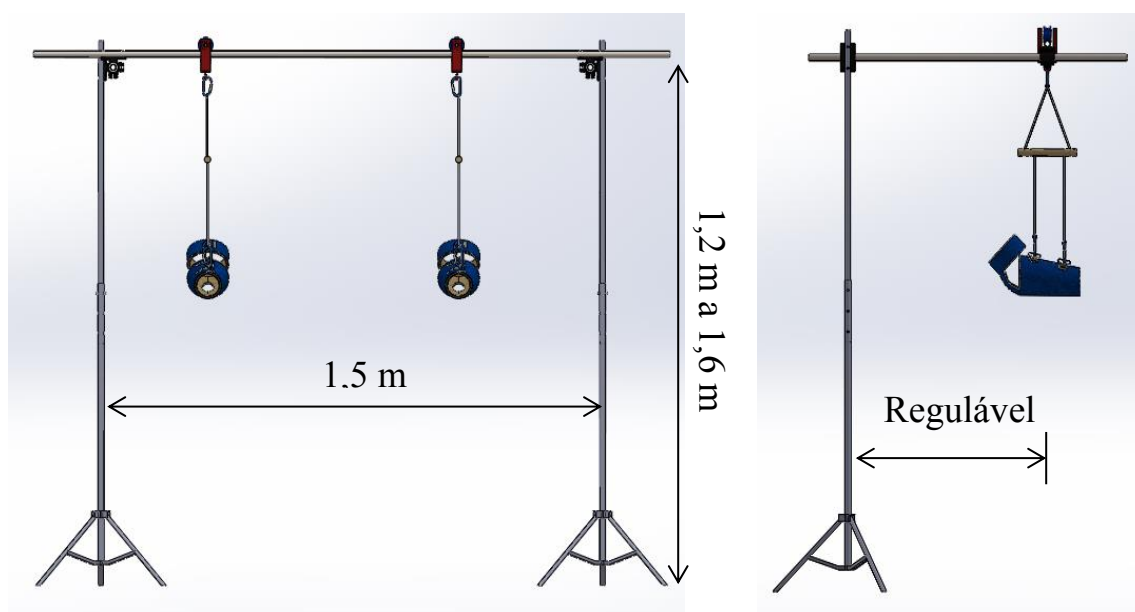
Fonte: (PRÓPRIO AUTOR, 2015).

Figura 19 - Vista frontal e vista lateral esquerda.



Fonte: (PRÓPRIO AUTOR, 2015).

Figura 20 - Dimensões finais.



Fonte: (PRÓPRIO AUTOR, 2015).

3.3 PROJETO DETALHADO

Neste capítulo será apresentada a metodologia utilizada para dimensionar, especificar e selecionar as estruturas do dispositivo proposto, além da descrição de sua utilização.

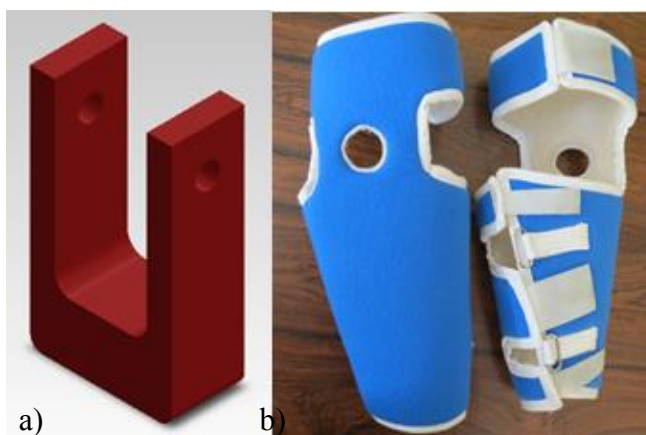
3.3.1 Sustentação dos membros superiores.

A sustentação dos membros superiores do usuário será através de um conjunto de peças formado por uma roldana, um suporte (garfo) conectado à roldana e um apoio para o braço e antebraço sustentado por cordas ligadas ao garfo. Os componentes dessa estrutura foram quase que integralmente, doados à Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá e por esse motivo sua concepção não será discutida neste trabalho de graduação. Porém, será feita uma descrição da funcionalidade de cada peça.

O conjunto dessa estrutura é sustentado por uma estrutura rígida formada por tubos e conexões que dão a forma necessária ao dispositivo (estrutura horizontal e vertical). A ligação entre as duas estruturas se dá através de uma roldana com canal em U cujo diâmetro deve acompanhar o diâmetro do tubo da estrutura horizontal.

Essa roldana possui em seu eixo um parafuso que permite a fixação de uma estrutura - garfo – que será a responsável pelo suporte das cordas que sustentam os membros superiores do usuário (Figura 21). Essa peça é usinada em nylon e feita especialmente para atender esse projeto.

Figura 21 – a) Garfo. b) Apoio dos membros superiores.



Fonte: (PRÓPRIO AUTOR, 2016).

O apoio dos membros superiores lembra uma tipoia ortopédica, é feito de tecido e espuma, e seu *design* foi estudado e desenhado – no projeto “Apoio especial para possibilitar a prática do xilofone” discutido na seção 3.1.1 - para ser confortável ao usuário (Figura 21). Esse apoio é ligado ao garfo da roldana através de um conjunto de cordas e mosquetões, fechando assim, a estrutura para sustentação dos membros superiores (Figura 18).

3.3.2 Estruturas vertical e horizontal

3.3.2.1 Análise estrutural

Para a análise estrutural foi considerada uma estrutura única, Figura 19, submetida a um carregamento estático, ou quase estático já que em todo seu tempo a estrutura estará parada suportando o peso dos membros superiores do usuário.

Vamos considerar o caso mais crítico, ou seja, suportar o peso dos membros superiores de um homem adulto e que o peso dos dois braços esteja concentrado no mesmo ponto da estrutura.

De acordo com o conceito de Antropometria – ciência que estuda as medidas de proporções, tamanho e medidas do corpo humano – o conjunto de braços, antebraços e mãos representam 12,5 % do nosso peso corporal (FERREIRA, 2010).

Segundo a última *Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009: antropometria e estado nutricional de crianças, adolescentes e adultos no Brasil*, em uma faixa de 25 a 64 anos, o maior peso médio masculino encontrado é de 74,6 kg. (IBGE, 2010).

Portanto, para nosso projeto, a massa dos membros superiores do usuário, m_u em kg e o peso máximo, P em N, suportado pela estrutura é dado pelas equações (1) e (2) abaixo.

$$m_u = 12,5\% \times 74,6 = 9,33 \text{ kg} \quad (1)$$

$$P_{\text{máximo}} = m_u \times g \quad (2)$$

$$P_{\text{máximo}} = 9,33 \times 9,81 = 91,5 \text{ N}$$

Analisando o resultado da carga suportada, mesmo considerando o caso mais crítico, chega-se à conclusão que o esforço sofrido pela estrutura é baixo.

Levando em conta as considerações acima, foi possível buscar no mercado uma estrutura que atendesse às necessidades do projeto, facilitando a execução e tornando o dispositivo acessível para qualquer pessoa disposta a montar uma estrutura com base neste trabalho de graduação.

A pesquisa resultou na escolha do tripé para *banners* como a melhor opção em relação ao custo benefício do objeto (Figura 23).

O tripé é uma estrutura estável devido à distribuição do esforço sofrido em três pontos, é feito, normalmente, em alumínio, que é um material resistente e leve e possui um preço acessível. Além disso, a maioria dos tripés já vem com a facilidade de regulagem de altura, o que é um requisito muito importante para esse projeto, e com base antiderrapante e articulada, o que facilita o transporte e a estabilidade da estrutura.

Os tripés comerciais possuem, em sua maioria, um padrão de altura. O menor tipo encontrado no mercado é o tripé que chega a 1,80 m de altura máxima tendo uma pequena variação na altura mínima de acordo com cada fabricante. Essa altura atende aos requisitos do projeto vistos anteriormente.

O dispositivo será formado, então, por dois tripés para a estrutura vertical. Esses dois tripés precisarão ser ligados através de tubos horizontais, formando assim, a estrutura final do dispositivo (Figura 18). A junção entre os tripés e o tubo poderá ser feita através de conectores para tubos, que também são facilmente encontrados no mercado e possuem preços acessíveis. Os conectores podem ser em “T” ou em “Cruz” e podem ser de PVC, inox, alumínio, dependendo do que se encontrar mais facilmente no mercado.

Para esse trabalho, usamos os conectores doados a nós pelo projeto francês. Porém, uma boa opção seria o conector em “T” de PVC que é barato e atende a necessidade do projeto.

Figura 22 - Conexões de diversos tipos para tubos.



Fonte: (MERCADO LIVRE, 2016).

Figura 23 – Tripé para banner.



Fonte: (MERCADO LIVRE, 2016)

3.3.2.2 Dimensionamento do tubo

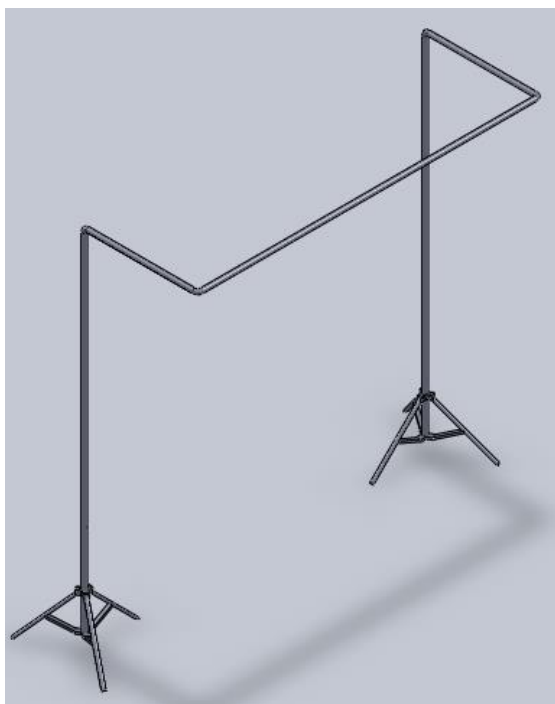
Em função da baixa carga sofrida pela estrutura não é necessário o cálculo de um diâmetro crítico para o tubo, sendo os diâmetros comerciais suficientes para as necessidades do dispositivo.

Foram feitos estudos estáticos com carga remota no *Solidworks*, com a estrutura da Figura 24, possuindo diversos diâmetros comerciais de tubos de alumínio. No estudo, foi utilizada uma carga concentrada no ponto central da estrutura, simulando o caso mais crítico – o peso dos dois braços concentrados em um só ponto da estrutura.

Foi observado que nenhum dos diâmetros atingiu o limite de escoamento do material e em nenhum caso a estrutura chegou a rotacionar. Porém, para diâmetros menores que 3/4” o deslocamento da estrutura horizontal foi muito grande, implicando numa perda de estabilidade. Portanto deve-se projetar o dispositivo para diâmetros maiores ou iguais a 3/4”.

O que se deve levar em consideração é que quanto maior o diâmetro do tubo mais pesada a estrutura será.

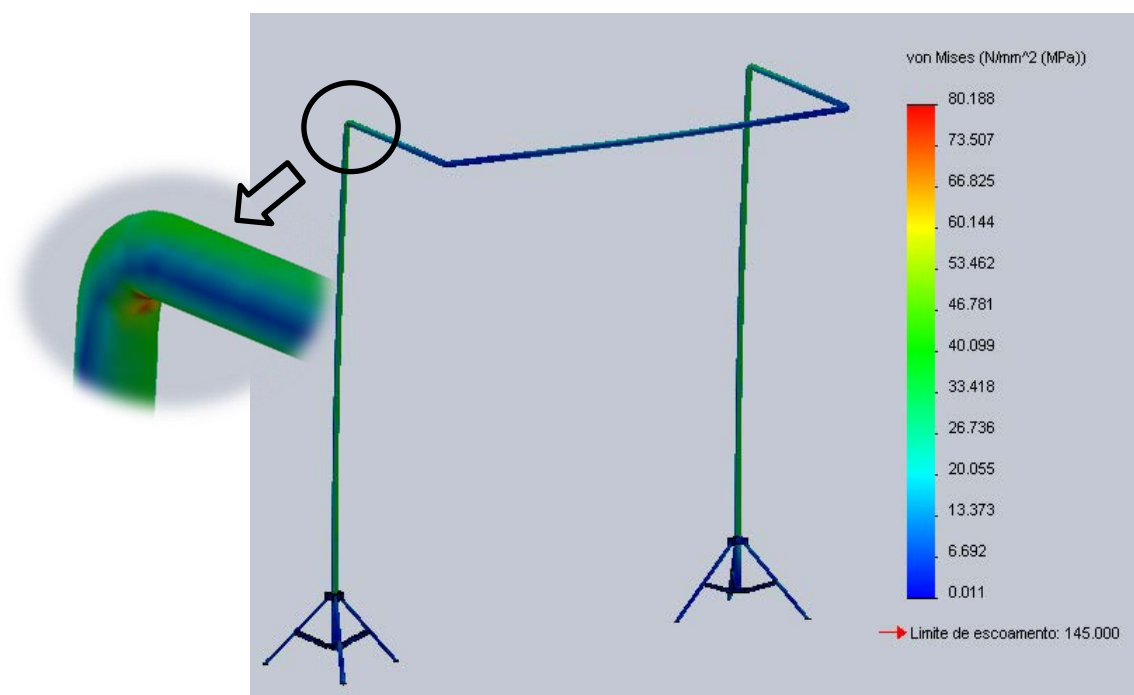
Figura 24 - Estrutura para análise.



Fonte: (PRÓPRIO AUTOR, 2016)

Como a execução desse projeto foi feita com algumas peças doadas, é necessária a busca de um diâmetro que melhor se encaixe nos componentes existentes. Com isso, chegou-se ao diâmetro de 3/4" (19,05 mm) e 1/8" (3,175 mm) de espessura como melhor opção para o dispositivo proposto.

Figura 25 - Estudo estático com o diâmetro de 3/4".



Fonte: (PRÓPRIO AUTOR,2016).

3.3.2.3 Material

Como visto, a estrutura vertical é de alumínio, já que é formada pelos tripés. Para a escolha do material da estrutura horizontal, deve-se ser levado em conta o ‘custo x benefício’ de três tipos de materiais diferentes. O objetivo é a escolha de materiais leves e baratos para ser viável a execução do projeto.

Foram procuradas informações comerciais para tubos feitos de aço, alumínio e tubos de fibra de carbono com matriz epóxi. As informações são mostradas na Tabela 1.

A possível utilização de tubos de aço e de alumínio foi feita por serem materiais comuns e facilmente encontrados no mercado, e a opção por tubos de fibra de carbono se dá pela sua conhecida baixa densidade.

Para os três materiais, o preço de tubos já prontos foi encontrado em *sites* de compra pela internet, o que mostra que tubos desses materiais são facilmente encontrados no comércio.

Tabela 1 - Informações selecionadas para a escolha do material.

Material	Diâm. (mm)	Nº tubos	Resistência à tração (MPa)	Densidade (kg/m³)	Peso estrutura (kg)	Preço (R\$/m)	Preço total
Aço Inoxidável comercial	19,05	3	515	8000	18,53	R\$ 33,00	R\$ 99,00
Alumínio comercial	19,05	3	185	2700	6,25	R\$ 14,50	R\$ 43,50
Fibra de carbono com matriz Epóxi	20	3	900	1900	3,18	R\$ 210,00	R\$ 630,00

Fonte: (PRÓPIO AUTOR, 2016).

Para a escolha do material, deve-se levar em conta dois critérios muito importantes para o projeto: ser um material leve e de baixo custo. A análise nos revela a fibra de carbono com matriz epóxi como o material com a menor densidade, ou seja, o material mais leve entre os selecionados. Porém, seu preço é quase nove vezes mais caro que a média dos outros dois materiais. Sendo assim, o material que melhor atende simultaneamente os requisitos de baixo custo e baixa densidade é o alumínio.

4 DISCUSSÕES E AVALIAÇÃO DE CUSTOS

A viabilidade desse projeto é validada pelo custo obtido com a implantação do mesmo. Aqui, apresenta-se uma estimativa de custo para o dispositivo considerando os valores médios comerciais dos materiais empregados. Nesse projeto, todos os componentes são encontrados prontos no mercado, não sendo necessária análise do custo de mão-de-obra e matéria-prima para fabricação de nenhum componente.

Para a estimativa de preço, foram feitas buscas em *sites* de compra online para todos os componentes. Nessa etapa, consideramos conectores de PVC, por serem os mais baratos e os mais comuns no mercado. O custo estimado total do dispositivo está apresentado na Tabela 2.

Tabela 2 - Análise de custos.

Componentes Comerciais	Quantidade	Custo médio por unidade (R\$)	Total (R\$)
Tripé para banners	2	60,00	R\$ 120,00
Tubo Alumínio para estrutura horizontal (3/4" / 1 M)	2	14,50	R\$ 29,00
Tubo Alumínio para estrutura horizontal (3/4" / 2 M)	1	30,00	R\$ 30,00
Conectores para tubos (Conector em T de PVC)	4	1,50	R\$ 6,00
Roldana canal U (para tubos de 3/4")	2	20,00	R\$ 40,00
Parafuso (embalagem com 20 unidades)	1	44,00	R\$ 44,00
Corda (3mm / 10 m)	1	25,00	R\$ 25,00
Mosquetão	6	5,00	R\$ 30,00
CUSTO TOTAL			R\$ 324,00

Fonte: (PRÓPRIO AUTOR, 2016).

Observou-se uma grande variação no preço dos tripés devido às diferentes características que esse componente pode assumir: em relação à base, estágios de regulagem, altura e tipo de banner que sustenta. Para a precificação, levou-se em consideração a configuração mais básica, pesquisando-se em *sites* de compra *online* e *sites* especializados na venda desse tipo de tripé e o preço encontrado foi, em média, de R\$ 60,00.

Analisando o resultado da tabela acima, observa-se que o custo obtido é baixo, mesmo não considerando a confecção do apoio dos braços e do garfo, o custo não passaria de R\$ 400,00. Em comparação a mecanismos já existentes, o custo do dispositivo em questão é menor do que o custo de aquisição de uma cadeira de rodas, por exemplo. Em relação a todo o benefício que pode ser agregado pelo dispositivo, a viabilidade desse projeto se torna real.

A ideia inicial do projeto previa um dispositivo voltado para a aprendizagem musical de uma criança com deficiência. Porém, percebeu-se durante sua execução, que o dispositivo desenvolvido poderia atingir um número maior de pessoas e de atividades se fossem buscadas soluções mais genéricas, por isso o projeto do dispositivo foi baseado em normas e parâmetros que abrangessem tanto crianças quanto adultos, cadeirantes ou não, e que pudesse ser utilizado para o desenvolvimento de qualquer atividade que exigisse o auxílio na sustentação dos membros superiores.

As maiores restrições para esse dispositivo foram materiais eficientes e baixo custo. Portanto, durante a concepção do projeto, foram buscadas soluções simples e que atendessem a necessidade do usuário. Buscaram-se componentes de fácil acesso, pouco complexos e já existentes no mercado. Com isso, obteve-se um projeto de execução rápida, baixo custo e que atenda as restrições do usuário.

As dimensões do dispositivo foram todas projetadas para atender usuário com cadeira de rodas, porém, se o usuário não necessitar desse tipo de cadeira, o dispositivo é todo regulável para atender as dimensões de uma cadeira normal.

Uma das melhorias que poderiam ser feitas nesse trabalho de graduação seria verificar a viabilidade de se fabricar a estrutura vertical do dispositivo, e não comprá-la, como sugerido. Sendo interessante fazer uma análise mais detalhada de tensões e deformações sofridas pela estrutura fabricada. Para esse estudo, já é sabido que o melhor material para fabricação da estrutura seria o alumínio, sendo necessário considerar o custo da mão de obra da fabricação das peças e o preço da matéria prima, o que talvez possa aumentar o custo final do dispositivo.

A estrutura para sustentação dos membros superiores, também poderia ser analisada mais a fundo, para se tentar chegar, cada vez mais, a uma estrutura mais simples e confortável para o usuário, de forma que o preço final não fosse muito influenciado.

O dispositivo projetado pode ser adaptado para outras deficiências, desde que sejam seguidas as restrições para cada caso. O intuito maior da engenharia envolvida nesse processo, sempre foi facilitar a vida das pessoas, não importando suas restrições.

5 CONCLUSÕES

Todos os requisitos e funções predeterminados são atendidos pelo dispositivo proposto. O projeto é totalmente mecânico e permite o desenvolvimento musical e cultural de uma criança ou adulto com deficiência nos membros superiores de forma simples, eficiente e a baixo custo.

O mecanismo apresentado torna possível o desenvolvimento de atividades por uma criança, por exemplo, em sala de aula juntamente com colegas que possuam ou não algum tipo de restrição mental ou motora. Além disso, o dispositivo respeitou as regulamentações para deficientes, as limitações da estrutura e o bem-estar do usuário.

Os componentes adotados são elementos comuns, de fácil acesso e baixo custo, características que são comprovadas pela análise de custos da Tabela 2, o que contribui para a viabilidade da proposta adotada.

Além das vantagens de custo, a utilização do dispositivo auxilia o trabalho de professores, pais e todos que de alguma forma estão ligados à execução de tarefas por pessoas com esse tipo de restrição, auxiliando também, no próprio conforto do usuário.

Portanto, em meio a dispositivos tão complexos e inacessíveis financeiramente, presentes no mercado, a execução do projeto é uma solução simples e viável para incluir e auxiliar crianças e adultos com deficiência dos membros superiores.

REFERÊNCIAS

ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050:** Acessibilidade de Pessoas Portadoras de Deficiências a Edificações, Espaço, Mobiliário e Equipamento Urbano. Rio de Janeiro, 2004.

BERSCH, R. **Introdução à tecnologia assistiva**. Porto Alegre, 2013. Disponível em: <http://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf>. Acesso em: 12 set. 2015.

BRASIL. Secretaria dos Direitos Humanos. Coordenadoria Nacional Para Integração Da Pessoa Portadora De Deficiência. **Comitê de Ajudas Técnicas. Ata da III reunião do Comitê de Ajudas Técnicas – CAT/CORDE**, realizadas nos dias 13 e 14 de dezembro, 2007. Disponível em: <http://www.infoesp.net/CAT_Reuniao_VII.pdf> Acesso em: 12 set. 2015.

BURGSTAHLER, S et al. **Computer and cell phone access for individuals with mobility impairments: An overview and case studies**. NeuroRehabilitation. Seattle: University of Washington, WA, USA, v.28, 2011. p. 183–197. Disponível em: <<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=c18b992f-b3c0-4ce4-91de-bee317c9a703%40sessionmgr110&vid=1&hid=124>> Acesso em: 14 set. 2015.

BUSCATO, M. **Daniela Caburro e uma nova maneira de se expressar**. São Carlos: Rede Saci, 2002. Disponível em <www.saci.org.br/index.php?moulo=materia¶metro=3469> Acesso em: 12 set. 2002.

CORRÊA, A. G. D.; FICHEMAN, I. K.; LOPES, R. D. **O Fazer Musical de Pessoas com Deficiência**: as novas tecnologias propiciando a inclusão. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO, 23, 2012, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: CBIE, 2012. Disponível em: <<http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/1750/1511>> Acesso em: 07 jul. 2015.

COOK, A. M.; HUSSEY, S. M. **Assistive Technologies: Principles and Practice**. 2.ed. St. Louis, Missouri: Mosby, 2002.

FERNANDES, A. R. **Blog do cadeirante**. Belo Horizonte. Disponível em: <<http://www.blogdocadeirante.com.br/2010/11/medidas-para-cadeirante-nbr-9050.html>> Acesso em: 30 set. 2015.

FERREIRA, M. **Como usar a música na sala de aula**. 4. ed. São Paulo: Contexto, 2005.

(Coleção como usar na sala de aula).

FERREIRA, M. S. **Ergonomia (Notas de aula - graduação) – ponto 03: Antropometria.** – PUCRS. Rio Grande do Sul, 2010. Disponível em: <http://www3.pucrs.br/pucrs/files/uni/poa/fau/pdf/ergo_54.pdf> Acesso em: 10 jul. 2016.

GUIMARÃES, P. S. O Aspecto Sociocultural Da Educação Musical Como Coadjuvante Na Inclusão. In: _____. **Tecendo sons e palavras: oficina de música dirigida a portadores de distúrbios graves.** 2008. f. 39-41. Dissertação (Mestrado em Música) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Artes, 2008. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/95131>>. Acesso em: 22 ago. 2015.

IBGE, Coordenação de Trabalho e Rendimento. **Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009 : antropometria e estado nutricional de crianças, adolescentes e adultos no Brasil.** Rio de Janeiro, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/condicaodevida/pof/2008_2009_encaa/defaulttabzip_brasil.shtm> Acesso em: 10 jul. 2016.

JANUZZI, G. M. **A educação do deficiente no Brasil: dos primórdios ao início do século XXI.** Campinas. Coleção Educação Contemporânea. Autores Associados. 2004.

LOURO, V. dos S. **As adaptações a favor da inclusão do portador de deficiência física na educação musical: um estudo de caso.** 2003. 208 f. Dissertação (Mestrado em Música) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Artes., 2003. Disponível em: <https://musicaeinclusao.files.wordpress.com/2013/06/as_adaptacoes_a_favor_da_inclusao-dissertac3a7c3a3o.pdf>. Acesso em: 06 jul. 2015.

LUBET, A. **Disability rights, music and the case for inclusive education.** International Journal of Inclusive Education, Volume 15, Issue 1, 2011. pages 57-70 Special Issue: Creating Inclusive Communities. Disponível em: <<http://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13603110903125178#abstract>>. Acesso em: 13 ago. 2015.

MAGNIER C., VILLENEUVE F, THOMANN G.. **Seventeen Projects Carried Out by Students Designing for and with Disabled Children: Identifying Designers’ Difficulties During the Whole Design Process.** Assistive Technology, v.24, p.273-285, 2012. Disponível em: < <http://web.a.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=8c331b7c-b6a3-48a9-890c-f5b3123e86d1%40sessionmgr4004&vid=1&hid=4112> > Acesso em: 02 out. 2015.

MASSARO, M. **Música e sistemas de comunicação suplementares e alternativos com recurso pedagógicos**. In: _____. **Música por meio de sistemas de comunicação alternativa: inserção do aluno com deficiência na atividade pedagógica**. 2012. f. 28-37. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Filosofia e Ciências de Marília, 2012. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/91189>>. Acesso em: 15 jun. 2015.

MAZZOTTA, M. J. S. **Fundamentos de Educação especial**. São Paulo: Pioneira, 1982.

MERCADO LIVRE. **Tripés**. Disponível em <http://produto.mercadolivre.com.br/MLB-750348057-porta-banner-tripe-suporte-pedestal-180m-aluminio-fabrica-_JM> Acesso em: 23 out. 16.

QUEIROZ, F. M. M. G. **Tecnologia assistiva e perfil funcional dos alunos com deficiência física nas salas de recursos multifuncionais**. 2015. 117 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Filosofia e Ciências, 2015. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/123128>>. Acesso em: 12 set. 2015.

ROSS, P. R. **Trabalho das pessoas com deficiência: transformando barreiras em oportunidades**. In: MANZINI, E. J. **Inclusão e Acessibilidade / organização de Eduardo José Manzini**. 1ª ed. Marília: ABPEE, 2006. p. 171-180.

THOMANN, G.; VEYTIZOU J.; COTON J.; PINTO M. G. **Design for disability: Integration of human factor for the design of an electro-mechanical drum stick system**. In: CIRP DESIGN CONFERENCE, 24, 2014. **Proceedings...** © 2014 Elsevier B.V. Disponível em: <www.sciencedirect.com> Acesso em: 07 jul. 2015.

VIEIRA, G. M. **Educação Inclusiva no Brasil: do contexto histórico à contemporaneidade**. Artigo publicado no site do Ministério Público do Estado da Bahia, 2012. Disponível em <http://www.mpba.mp.br/atuacao/educ/educacaoinclusiva/artigos/EDUCACAO_INCLUSIVA_NO_BRASIL.pdf> Acesso em: 07 jul. 2015.

WALLACE, T. ; BRADSHAW, A. **Assistive Technology for People with Neurological Disability**. *NeuroRehabilitation* [1053-8135] Gentry, T ano: 2011, vol.:28. p.181 -182. Disponível em: <<http://web.b.ebscohost.com/ehost/pdfviewer/pdfviewer?sid=c18b992f-b3c0-4ce4-91de-bee317c9a703%40sessionmgr110&vid=1&hid=124>> Acesso em: 14 set. 2015.