UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

CLAUDEMIR CLAUDINO ALVES

DESENVOLVIMENTO DE BENGALA BRANCA MECÂNICA PARA DEFICIENTES VISUAIS COM PONTEIRA OMNIDIRECIONAL ESFÉRICA, COM ROTAÇÕES PARA DIREITA, ESQUERDA, FRENTE E TRÁS

MOGI DAS CRUZES, SP
2023

UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

CLAUDEMIR CLAUDINO ALVES

DESENVOLVIMENTO DE BENGALA BRANCA MECÂNICA PARA DEFICIENTES VISUAIS COM PONTEIRA OMNIDIRECIONAL ESFÉRICA, COM ROTAÇÕES PARA DIREITA, ESQUERDA, FRENTE E TRÁS

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação da Universidade de Mogi das Cruzes como parte dos requisitos para obtenção do grau de Doutor em Engenharia Biomédica.

Área de concentração: Bioengenharia, Bioenergética e Biomecânica

Professora Orientadora: Drª. Silvia Cristina Martini

MOGI DAS CRUZES, SP
2023

FINANCIAMENTO



Ficha catalográfica
Universidade de Mogi das Cruzes - Biblioteca Central

Alves, Claudemir Claudino
A474d Desenvolvimento de bengala branca mecânica para deficientes visuais com ponteira omnidirecional esférica, com rotações para direita, esquerda, frente e trás / Claudemir Claudino Alves. -- Mogi das Cruzes, SP: Universidade de Mogi das Cruzes, 2023.
149 f. : il.

Tese (Doutorado em Engenharia Biomédica) -- Universidade de Mogi das Cruzes.
Orientador(a): Prof. Dra. Silvia Cristina Martini.
Inclui bibliografia.

1. Cegueira/reabilitação 2. Bengala 3. Robótica/métodos 4. Tecnologia assistiva I. Martini, Silvia Cristina II. Universidade de Mogi das Cruzes III. Título

CDD 610.28

Elaborada por Maria Cristina Alves Silva Xavier – CRB-8/10077

ATAS

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE TESE DE DOUTORADO EM ENGENHARIA BIOMÉDICA DA UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

Às nove horas do dia quinze de junho de dois mil e vinte e três, pela Universidade de Mogi das Cruzes, realizou-se a defesa da tese intitulada "DESENVOLVIMENTO DE BENGALA BRANCA MECÂNICA PARA DEFICIENTES VISUAIS COM PONTEIRA OMNIDIRECIONAL ESFÉRICA, COM ROTAÇÕES PARA DIREITA, ESQUERDA, FRENTE E TRÁS". para obtenção do grau de doutor(a) pelo(a) candidato(a) **Claudemir Claudino Alves.** Tendo sido o número de créditos alcançados pelo(a) mesmo(a) no total de 76 (setenta e seis), a saber: 40 unidades de crédito em disciplinas e atividades na pós-graduação e 36 unidades de crédito no preparo da tese, o(a) aluno(a) perfaz assim os requisitos para obtenção do grau de doutor(a). A comissão examinadora foi constituída pelos senhores professores doutores, Silvia Cristina Martini, e Alessandro Pereira da Silva, da Universidade de Mogi das Cruzes, e Eduardo Guy Perpétuo Bock, e Clayton Eduardo dos Santos, do Instituto Federal de São Paulo, e Eduardo Filoni, da Universidade Cruzeiro do Sul, sob a presidência da primeira como orientadora do(a) aluno(a). A sessão pública da defesa da tese foi aberta pela senhora presidenta da comissão que apresentou o(a) candidato(a). Em seguida o(a) candidato(a) realizou uma apresentação oral de seu trabalho, ao final da qual seguiram-se as arguições pelos membros da comissão examinadora. A seguir, a comissão, em sessão secreta, conforme julgamento discriminado por cada membro, considerou o(a) candidato(a)

Aprovado (aprovado(a) /reprovado(a)) por Unanimidade (unanimidade/maioria).

Mogi das Cruzes, 15 de junho de 2023.

Comissão Examinadora	Julgamento
Prof. Dr. Eduardo Guy Perpétuo Bock (Digitally signed by Eduardo Guy Perpétuo Bock Date: 2023-06-15 13:17-03:00)	Aprovado (aprovado(a)/reprovado(a))
Prof. Dr. Clayton Eduardo dos Santos	Aprovado (aprovado(a)/reprovado(a))
Prof. Dr. Eduardo Filoni	Aprovado (aprovado(a)/reprovado(a))
Prof. Dr. Alessandro Pereira da Silva (Assinado de forma digital por Alessandro Pereira da Silva Dados: 2023.06.19 14:36:31 -03'00')	Aprovado (aprovado(a)/reprovado(a))
Profª Drª Silvia Cristina Martini (Assinado de forma digital por Silvia Cristina Martini Dados: 2023.06.15 13:03:19 -03'00')	Aprovado (aprovado(a)/reprovado(a))

***Andréia**,*
Minha esposa e companheira, pelo apoio nos momentos difíceis, que retribuiu com amor, cumplicidade e compreensão as inúmeras horas de convívio que foram tiradas para a realização deste trabalho.

*Às nossas filhas **Vitória** e **Gabriela**, que acompanharam todo o processo dessa conquista, sempre torcendo pelo meu sucesso e vibrando com as conquistas parciais durante todo o desenvolvimento.*

Agradecimentos

Ao concluirmos uma etapa, é necessário agradecer àqueles que estiveram ao nosso lado, pois, sem apoio, nada somos.

Em especial a Deus, pela força e pela fé, que faz brotar dentro de cada um de nós, em cada momento das nossas vidas;

À Universidade de Mogi das Cruzes - UMC, pela oportunidade de aperfeiçoamento e à CAPES, pela concessão da bolsa;

Ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo, campus Guarulhos – IFSP – GRU, pela liberação do Laboratório de Usinagem – LUS e assim ser possível a fabricação das bengalas omnidirecionais;

À Professora Márcia Bissaco pelo apoio, pela amizade e pelas conversas ocorridas no decorrer do curso; acima de tudo pela confiança que sempre me passou, em suas palavras e atos;

Aos professores Eduardo Guy Perpétuo Bock, Dr., Clayton Eduardo dos Santos, Dr., Eduardo Filoni, Dr., Alessandro Pereira da Silva, Dr., por terem aceito compor a banca examinadora e pela extraordinária orientação dispensada na composição dessa tese;

À Fernanda de Oliveira Nascimento especialista em Orientação e Mobilidade da Secretaria de Acessibilidade e Inclusão – SAI de Guarulhos, pelo apoio e profissionalismo no decorrer desse projeto;

À Associação de Deficientes Visuais de Guarulhos - ADEVIG pela parceria que e pelo comprometimento dos deficientes visuais que contribuíram com o desenvolvimento desse projeto;

À Empresa JR Poliuretano pela consultoria e colaboração no desenvolvimento do material propício para a fabricação da ponteira omnidirecional “Omni-Tip”;

Quero expressar agradecimentos (e espero não pecar por esquecimento) àqueles que estiveram ao meu lado continuamente.

Agradecimento especial

À Profª. Drª. Silvia Cristina Martini, minha orientadora, mestra e amiga, por tudo o que fez por mim, pelo gratificante convívio na lida diária e pela competência, estímulo constante e paciência dedicada na orientação desta tese, encontrando sempre tempo para apreciá-la de forma minuciosa e com elevado espírito científico.

"Para os americanos sem deficiência, a tecnologia torna as coisas mais fáceis. Para os americanos com deficiência, a tecnologia torna as coisas possíveis".

Radabaugh M. P.

“A parte mais importante de cada parte do equipamento são as mãos que a seguram”.

Monty Roberts

RESUMO

Apesar da relevância de diversos projetos de melhorias da bengala branca comum nos últimos anos, a maioria foi através de dispositivos eletrônicos, embarcados, demonstrando assim a forte ligação dos deficientes visuais a essa Tecnologia Assistiva. Mesmo assim, ainda temos a questão dos altos índices da taxa de abandono de novas tecnologias. Diante desse panorama e identificando que um dos principais problemas dessa bengala está no agarre ao solo de sua ponteira, propõe-se solucionar o mesmo através de uma tecnologia mecânica omnidirecional capaz de eliminar o agarre com excelente relação custo-benefício. Essa tecnologia utilizada na robótica serviu como base para a bengala branca omnidirecional a “Omni-Tip”, que possui a capacidade de rolar em várias direções quando apoiada ao solo. Construída em poliuretano, apresenta maior resistência ao desgaste e maior vida útil. Este projeto é relevante no sentido de manter ativos os demais sentidos do deficiente visual, e não apenas tentar substituir o sentido da visão. Mostra também a existência de um paradoxo entre o avanço tecnológico e a satisfação das necessidades básicas do usuário. Primou-se por não apresentar grandes alterações em sua forma geométrica, evitando potencializar o estigma da cegueira, mas trazendo mudanças significativas em sua usabilidade. Utilizando-se de novos materiais, buscou-se equilibrar: resistência à abrasão, durabilidade e leveza, a um custo acessível. A “nova” ponteira com esfera ligeiramente maior que a usual aumenta sua capacidade de superar desníveis no solo e não cair nas grelhas de águas pluviais. Através de uma metodologia de avaliação qualiquantitativa, da qual se utilizou de *Brainstorming*, teste de campo, teste de vida útil acelerado em bancada e aplicação de questionário de usabilidade do produto, com base no *System Usability Scale* – (SUS) - método criado por John Brooke em 1986 - propomos um índice maior ou igual a 80%. Extrapolamos o critério custo/benefício ideal de Nielsen (1994), adotando 15 (quinze) Participantes de Pesquisa (PP). Os resultados alcançados acima de 84% aprovam o desenvolvimento com sucesso, classificando-o com uma excelente usabilidade.

Palavras-chave: bengala branca, bengala longa comum, cego, roda omnidirecional, deficiente visual.

ABSTRACT

Despite the relevance of several projects to improve the common white cane in recent years, most were through electronic devices, on board, thus demonstrating the strong connection of the visually impaired to this Assistive Technology. Even so, we still have the issue of high rates of abandonment of new technologies. Faced with this panorama and identifying that one of the main problems of this cane is the grip of its tip on the ground, it is proposed to solve this problem through an omnidirectional mechanical technology capable of eliminating the grip with an excellent cost-benefit ratio. This technology used in robotics served as the basis for the omnidirectional white cane, the “Omni-Tip”, which has the ability to roll in several directions when resting on the ground. Made of polyurethane, it is more wear resistant and has a longer service life. This project is relevant in the sense of keeping active the other senses of the visually impaired, and not just trying to replace the sense of sight. It also shows the existence of a paradox between technological advancement and the satisfaction of the user's basic needs. It excelled for not presenting major alterations in its geometric shape, avoiding potentializing the stigma of blindness, but bringing significant changes in its usability. Using new materials, we sought to balance: resistance to abrasion, durability and lightness, at an affordable cost. The “new” tip with a sphere slightly larger than usual increases its ability to overcome unevenness in the ground and not fall into the rainwater grids. Through a qualitative and quantitative evaluation methodology, which used Brainstorming, field testing, accelerated bench life test and application of a product usability questionnaire, based on the System Usability Scale - (SUS) - method created by John Brooke in 1986 - we propose an index greater than or equal to 80%. We extrapolated Nielsen's ideal cost/benefit criterion (1994), adopting 15 (fifteen) research participants. The results achieved above 84% approve the development successfully, classifying it with excellent usability.

Keywords: white cane, long cane, blind, omnidirecional wheel, visually impaired.

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABS	Acrilonitrilo Butadieno Estireno
ADEVIG	Associação de Deficientes Visuais de Guarulhos
AMD’s	Dispositivos de Mobilidade Adaptativa
AMD-H	Dispositivo de Mobilidade Adaptável Híbrido
BB	Bengala Branca
BLUETHOOTH	Tecnologia de comunicação sem fio
CEP	Comite de Ética em Pesquisa
EOA’s	Electronic Orientation Aids – Auxílio Eletrônico de Orientação
ETA’s	Electronic Travel Aids – Auxílio Eletrônico de Viajem
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
OMS	Organização Mundial de Saúde.
NAPNE	Núcleo de Apoio às Pessoas com Necessidades Educacionais Específicas
PP	Participante de Pesquisa
PEIS	Práticas Educativas para Inclusão Social da pessoa com deficiência visual
PLA	Poliácido Láctico
RFID	Radio Frequency Identification – Identificação por Radiofrequência
SUS	Escala de Usabilidade do Sistema
SAI	Secretaria de Acessibilidade e Inclusão
SITE	Site é uma coleção de páginas da web organizadas e localizadas em um servidor na rede
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
USD	United States Dollar - Dólar Norte Americano

GLOSSÁRIO

Buchas	Mancais de deslizamento são constituídos de uma bucha fixa em um suporte. São amplamente utilizados em máquinas pesadas e, também, em equipamentos de baixa rotação, pois este tipo mancal possui atrito elevado. Principalmente quando comparado com os outros mancais e em altas rotações superaqueceria.
Congênito	Característico do indivíduo desde o ou antes do nascimento; conato.
Expertise	Competência ou qualidade de especialista.
Nylon	É um plástico de engenharia, resultado das cadeias carbônicas com hidrogênio e nitrogênio, do grupo das amidas.
Poliacetal	É um plástico de engenharia com excepcional estabilidade dimensional e excelente resistência ao escoamento e à fadiga por vibrações.
Poliuretano	O Poliuretano (PU) é um plástico conhecido por suas variações de dureza, onde combina a flexibilidade da borracha a dureza e resistência do metal, possui excelentes características para a indústria, como flexibilidade, leveza, resistência à abrasão (riscos) e possibilidade de formatos diferenciados. São resistentes à abrasão, quando as aplicações possuem efeitos combinados de corrosão e abrasão como linhas de rejeito ou polpa de minério, a vida de peças de metal é muito inferior do que a do Poliuretano (PU).
Roller	Sistema que por meio de rolamento possibilita, a ponteira girar em torno do seu eixo, quando a bengala é deambulada da direita para a esquerda e vice versa, em contato com o solo.
SolidWorks	O SolidWorks é um software de CAD 3D desenvolvido inicialmente pela SolidWorks Corporation que funciona no sistema operativo Windows.
Vidente	Pessoas sem problemas de deficiência visual.
Winnicott	Donald Woods Winnicott foi um pediatra e psicanalista inglês influente no campo das teorias das relações objetais e do desenvolvimento psicológico. Ele foi líder da Sociedade Britânica de Psicanálise Independente, e Presidente da Sociedade Britânica de Psicanálise duas vezes.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Bengala Branca com a apresentação de suas partes, em relação ao cego 12
Figura 2 – Ponteiras com "*roller*" para bengalas brancas: A e B – em formato de *marshmallow*, e B – esférica, "*roller ball"*, todas aproximadamente com medidas de 30 mm a 40 mm 13
Figura 3 – Ponteira "*roller ball*" com 40 mm de diâmetro: A – em vista explodida, B – montada em corte e C – montada 13
Figura 4 – Desenho da primeira roda omnidirecional, conforme descrito em Patente americana de Grabowiecki de 1919 14
Figura 5 – Roda omnidirecional e empilhadeira omnidirecional 15
Figura 6 – Rodas omnidirecionais: segmentada e dupla comercial 15
Figura 7 – Roda Mecanum 16
Figura 8 – Roda sueca 16
Figura 9 – Motocicleta com esferas gigantes no lugar de rodas (Rodas Omnidirecionais) 16
Figura 10 – Veículo capaz de movimentar para as laterais e fazer baliza com facilidade 16
Figura 11 – Veículo com rodas Mecanum, roda Suéca 45° 17
Figura 12 – Base para robô com rodas omnidirecionais 17
Figura 13 – Procedimento de varredura 21
Figura 14 – Técnica de toque em dois pontos 21
Figura 15 – Técnica de contato constante 21
Figura 16 – Bengala inclinada para frente 21
Figura 17 – Bengala inclinada lateralmente 21
Figura 18 – Bengala na vertical 21
Figura 19 – Esquema do funcionamento da bengala eletrônica 22
Figura 20 – Proposta de forma construtiva do *TalkingCane* 23
Figura 21 – A Bengala eletrônica alerta sobre obstáculos acima da linha da cintura 24
Figura 22 – Arranjo de sensor ideal baseado em uma reconstrução da forma do feixe dos sensores ultrassônicos em relação a um usuário humano 25
Figura 23 – O auxílio eletrônico para viagens 26
Figura 24 – Bengala de mobilidade eletrônica totalmente montada 27
Figura 25 – *GesturePod*. A imagem superior mostra a cápsula presa a uma Bengala Branca. A imagem inferior esquerda mostra a visualização em *close* do *pod*. A imagem inferior direita mostra o interior do *pod* 28
Figura 26 – Mostra o uso típico do auxílio de localização (pose) 29
Figura 27 – Ponta do *marshmallow* (esquerda) e ponta com rolo de *marshmallow* (direita). Experimental 38
Figura 28 – Detecção de desníveis utilizando tipos diferentes de ponteiras e tipos diferentes de Técnicas de utilização de bengalas 38
Figura 29 – Uma representação diagramática da tradicional Bengala reta, a Bengala curva com 10 ° e a Bengala curva com 0 ° 39
Figura 30 – Bengala híbrida com asa desdobrada e Bengala Branca comum 39
Figura 31 – Bengala Híbrida na identificação de desníveis 39
Figura 32 – Bico Basu (esquerda) e *marshmallow* (direita) 40
Figura 33 – Ponteira nova sem desgaste à esquerda e ponteiras desgastadas à direita 45
Figura 34 – Kit com 4 rodas robóticas omnidirecionais Ø82,5 mm – USD 81.00 45
Figura 35 – Roda omnidirecional 38 mm – 90° - USD 25.00 45
Figura 36 – Roda sueca 90° 45
Figura 37 – Kit 4 rodas robóticas Vex Mecanum - Ø100 mm – USD 115.00 46
Figura 38 – Roda omni de uso hospitalar – Ø200 mm 46
Figura 39 – Rodas Omni de Ø100 mm de aço inoxidável para Ballbot com furo de 9,54 mm - DZ14183A - USD 130.00 46
Figura 40 – Roda omnidirecional com Ø100 mm – USD 242.00 46
Figura 41 – Dificuldade para ajustar a posição, entrando em um espaço estreito (vista superior) 47
Figura 42 – Esquema Básico do Esteira-Omni com Seção Circular 47
Figura 43 – Estrutura básica da "Omni-Ball" 48

Figura 44 – Veículo com “Omni-Esteira” 48
Figura 45 – Fluxograma das avaliações 49
Figura 46 – Gráfico da Proporção de Problemas de Usabilidade Encontrados X Números de Avaliadores 50
Figura 47 – Gráfico da relação Custo Benefício X Número de Avaliadores 50
Figura 48 – Movimentação em arco das bengalas 53
Figura 49 – Sistema de conversão dos movimentos dos atuadores: linear para rotativo 53
Figura 50 – Vista explodida com os componentes da cruzeta 57
Figura 51 – Cruzeta montada 57
Figura 52 – Vista explodida da montagem geral 57
Figura 53 – Ponteira montada 57
Figura 54 – Cruzeta em alumínio, usinada em torno mecânico universal 58
Figura 55 – Cruzeta em alumínio, sendo usinada em fresadora ferramenteira 58
Figura 56 – Cruzeta em alumínio, finalizada 58
Figura 57 – Conector bengala/ponteira em *nylon*, usinado em torno mecânico universal 58
Figura 58 – Semiesferas anterior e posterior aos roletes em *nylon*, usinadas em torno mecânico universal 58
Figura 59 – Contra molde em alumínio e molde em borracha de silicone para parte intermediária do rolete 59
Figura 60 – Peças retidas do molde sem os canais de injeção e respiros 59
Figura 61 – Molde em borracha de silicone para fazer as pontas dos roletes, apresenta os canais de injeção e respiro 59
Figura 62 – Molde em borracha de silicone fechado e envasado com resina de poliuretano 59
Figura 63 – Molde de silicone aberto, depois da cura da resina de poliuretano 59
Figura 64 – Peça acabada 59
Figura 65 – Buchas em poliacetal, usinadas em torno mecânico 60
Figura 66 – Cruzeta montada com os roletes em poliuretano dureza, *Shore* 70 A 60
Figura 67 – Ponteira completa 60
Figura 68 – Conjunto em vista explodida 61
Figura 69 – Roda Omnidirecional montada 61
Figura 70 – Uma das 4 peças centrais, (suporte dos roletes) 61
Figura 71 – Conector ponteira – bengala 61
Figura 72 – Ponteira Omnidirecional, montada 61
Figura 73 – Peças fabricadas em impressora 3D com geometria que compromete a resistência mecânica do produto 61
Figura 74 – Vista explodida do porta roletes, de uma roda omnidirecional 62
Figura 75 – Conector ponteira – bengala 62
Figura 76 – Rolete em resina de Poliuretano 62
Figura 77 – Roda omnidirecional montada – porta roletes, eixo, buchas e roletes 62
Figura 78 – Ponteira omnidirecional montada 62
Figura 79 – Porta roletes sem os roletes, fabricada na impressora 3D, em PLA 63
Figura 80 – Vista mostrando o transpasse de material do término de um rolete para o início do próximo, para que os roletes sempre estejam em contato com o solo 64
Figura 81 – Vista lateral, evidenciando a continuidade da circunferência, responsável para não haver vibrações ao rolar pelo solo 64
Figura 82 – Conector – ponteira – Bengala, peças usinadas em torno mecânico em *Nylon* e Poliacetal 65
Figura 83 – Rolete executado em molde com resina de Poliuretano 65
Figura 84 – Modelo com sobre material para cópia dos roletes 65
Figura 85 – Contra molde e tampa, prontos para receberem a borracha de silicone para formar o molde 65
Figura 86 – Cavidade do contra molde 65
Figura 87 – Borracha de Silicone 66
Figura 88 – Molde aberto depois da cura da borracha de Silicone, ainda com o modelo 66
Figura 89 – Molde sem o modelo, pronto para iniciar as cópias, detalhe da cavidade 66
Figura 90 – Cópias fabricadas em resina de poliuretano 66
Figura 91 – Ponteira montada na bengala 67

Figura 92 – “Omni-Ball” – Base do projeto 68
Figura 93 – Protótipo da nova “Omni-Tip” 68
Figura 94 – Ponteira “Omni-Tip” montada 69
Figura 95 – Ponteira “Omni-Tip” em vista explodida 69
Figura 96 – Etapas do processo de fabricação das semiesferas em resina epóxi flexível 70
Figura 97 – Capa do rolamento com rolamento 71
Figura 98 – Arruelas 71
Figura 99 – Conjunto principal de giro - Cubo, arruelas, pino de giro, conector bengala / ponteira e parafuso, montado e ajustado 71
Figura 100 – Conjunto Ponteira “Omni-Tip” montado 71
Figura 101 – (a) Ferramenta de laminação rotativa; (b) Ferramenta de laminação rotativa acoplada à placa de três castanhas esquerdas 72
Figura 102 – (a) Tubo preparado para o início da operação de redução, ferramenta e tubo lubrificado; (b) Operação de redução realizada com sucesso 72
Figura 103 – Esquema da operação de expansão do tubo 73
Figura 104 – (a) Início da operação, (b) tubo sem a borda, (c) esquema da montagem para a execução da operação e (d) tubo com a borda, logo após a força executada pelo batedor 73
Figura 105 – (a) Início do encaixe dos tubos, (b) deslizamento suave do encaixe e (c) Final do encaixe com as partes com ângulo de 30° encostadas 74
Figura 106 – Fases de produção dos cabos 74
Figura 107 – 1 – Segurar a ponteira, 2 – puxar a ponteira, 3 – liberar a trava de dentro do tubo, 4 – permitir a trava virar na boca do tubo e realizar e trocar a ponteira, 5 – reposicionar a trava para colocá-la no tubo e permitir que a ponteira retorne para dentro do tubo 75
Figura 108 – Montagem da bengala omnidirecional, “Omi-Tip” 76
Figura 109 – A – Condições iniciais do teste, B condições finais do teste 79
Figura 110 – A – Condições iniciais do teste, B condições finais do teste 79
Figura 111 – A – Condições iniciais do teste, B condições finais do teste 80
Figura 112 – Processo de Fabricação das semiesferas em Poliuretano 84
Figura 113 – Link para os vídeos hospedados no YouTube 91
Figura 114 – Links para as produções 92

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Velocidade confortável segundo alguns autores 19
Tabela 2 – Critérios para avaliação da Bengala Branca assistida por tecnologia. Os autores usam abreviações / mnemônicos para representar essas entradas, na Tabela 3 para maior clareza e ajuste dos detalhes especificados nas células correspondentes 31
Tabela 3 – Avaliação e comparação de soluções de cana branca assistida por tecnologia. 32
Tabela 4 – Tecnologias usadas na localização de pessoas cegas e com deficiência visual 36
Tabela 5 – Comparação Bengala Branca comum e Bengala Branca "Omni-Tip" 48
Tabela 6 – Resumo dos projetos desenvolvimentos e suas características 77
Tabela 7 – Teste acelerado de vida útil – avaliação de desgaste por abrasão das ponteiras 78
Tabela 8 – Tabela da primeira avaliação qualitativa 81
Tabela 9 – Tabela da segunda avaliação qualitativa 85
Tabela 10 – Orçamento 86
Tabela 11 – Comparação entre a bengala branca comum com *"roller*" de mercado e a BB "Omni-Tip" 87
Tabela 12 – Cronograma de execução 95

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 1
1.1 JUSTIFICATIVA 1
1.2 MOTIVAÇÃO 4
1.3 PERGUNTA DE PESQUISA 5
1.3 OBJETIVO GERAL 5
1.4 HIPÓTESE 5
1.5 APRESENTAÇÃO 6

2 REFERENCIAL TEÓRICO 8
2.1 A CEGUEIRA 8
2.2 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS 9
2.3 BENGALA BRANCA 10
2.4 ROBÔS E VEÍCULOS COM RODAS OMNIDIRECIONAIS 14
2.5 ORIENTAÇÃO E MOBILIDADE (O&M) 17

2.5.1 O deficiente visual com baixa visão ou cego, problemas de aceitação, inclusão e estigmas 18
2.5.2 Entendendo como as pessoas com baixa visão e cegas caminham 19
2.5.3 Técnicas mais utilizadas na condução da Bengala Branca 20

2.6 DESENVOLVIMENTOS QUE TROUXERAM MELHORIAS À BENGALA BRANCA COMUM 22

2.6.1 Desenvolvimentos eletrônicos embarcados à Bengala Branca comum 22
- Utilizando a tecnologia de "Radio Frequency Identification" (RFID) 22
2.6.2 Desenvolvimentos mecânicos relacionados à Bengala Branca comum 38
2.6.3 Análise das aplicações relacionadas 40

3 METODOLOGIA 44
3.1 OBJETIVO ESPECÍFICOS 44
3.2 PONTEIRA – FOCO DO DESENVOLVIMENTO 44
3.3 PRIMEIRA SELEÇÃO DE RODAS OMNIDIRECIONAIS 45
3.4 DEFINIÇÃO DAS METAS A SEREM ATINGIDAS PARA OS PROTÓTIPOS DESENVOLVIDOS – "OMNI-TIP" 48
3.5 FLUXOGRAMA DAS AVALIAÇÕES, QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS 49

3.5.1 Definição da Amostra n = ? 50
3.5.2 Fase 1 – Brainstorming 51
3.5.3 Fase 2 – Avaliação Quantitativa – Teste de Vida Útil Acelerado 51
3.5.4 Fase 2 – Avaliação Qualitativa – Teste de Campo 54
3.5.5 Fase 3 – Avaliação Qualitativa – Meta de Usabilidade ≥ 80% 54

4 RESULTADOS / DISCUSSÃO 57
4.1 PRIMEIRO PROJETO – RODA SUECA. 57
4.2 SEGUNDO PROJETO – RODA OMNIDIRECIONAL, COM VÁRIAS PEÇAS MONTADAS EM CAMADAS. 60
4.3 TERCEIRO PROJETO – RODA OMNIDIRECIONAL, FABRICADA EM IMPRESSORA 3D EM UM ÚNICO BLOCO. 62
4.4 QUARTO PROJETO – "OMNI-TIP". 68
4.4 RESUMO DOS PROJETOS 77
4.5 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA 78
4.6 AVALIAÇÃO QUALITATIVA – PRIMEIRA 80
4.7 SUGESTÕES DE MELHORIAS 82
4.8 MODIFICAÇÕES REALIZADAS PARA ATENDER AS SUGESTÕES DE MELHORIAS 83
4.9 AVALIAÇÃO QUALITATIVA – SEGUNDA. 85
4.10 ORÇAMENTO 86

4.11 CONSIDERAÇÕES FINAIS DOS PARTICIPANTES DE PESQUISA SOBRE A BENGALA OMNIDIRECIONAL. 88
4.12 CONSIDERAÇÕES FINAIS 89
4.13 – ETAPAS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO, AVALIAÇÃO EM LABORATÓRIO E AVALIAÇÃO EM CAMPO DA BB "OMNI-TIP" 91
4.14 – ARTIGOS, PEDIDOS DE REGISTROS E MATÉRIA EM SITE: RELACIONADOS AO PROJETO DA BB "OMNI-TIP" 92

5 CONCLUSÃO / TRABALHOS FUTUROS 93
6 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES 95
REFERÊNCIAS 96
ANEXO 1 – TERMO DE ACEITE DA INSTITUIÇÃO – ASSOCIAÇÃO DE DEFICIENTES VISUAIS DE GUARULHOS – ADEVIG 100
ANEXO 2 – TERMO DE ACEITE DA INSTITUIÇÃO – ESCOLA ESTADUAL VEREADOR ANTÔNIO DE RÉ 102
APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSCENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE) 104
APÊNDICE 2 – FORMULÁRIO DE ACOMPANHAMENTO DE BRAINSTORMING – E SEU PASSO A PASSO 120
APÊNDICE 3 – QUESTIONÁRIO PARA AVALIAR O GRAU DE SATISFAÇÃO AO USO DA NOVA BENGALA BRANCA DE ACORDO COM O - SYSTEM USABILITY SCALE (SUS) 124
APÊNDICE 4 – TERMO DE ACEITE 127
APÊNDICE 5 – QUESTIONÁRIO PARA AVALIAR O GRAU DE SATISFAÇÃO AO USO DA BENGALA BRANCA OMNI – SEGUNDA AVALIAÇÃO 129

1 INTRODUÇÃO

1.1 JUSTIFICATIVA

De acordo com os dados do último relatório da Organização Mundial da Saúde, OMS (2019), pelo menos 2,2 bilhões de pessoas no mundo tem algum tipo de deficiência visual. Esse número é composto pela somatória de vários tipos de problemas relacionados à visão, que causam desde a baixa visão em diversos níveis à cegueira total. Com o envelhecimento da população mundial, esse número tende a aumentar significativamente entre 2020 e 2030.

Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística IBGE (2010) no Brasil, a população com deficiência visual superava 6,5 milhões, sendo 582 mil cegas e 6 milhões com baixa visão.

Em São Paulo, ainda de acordo com os dados do IBGE (2010), existia em 2010 uma população de 143.426 mil de pessoas cegas, 1.059.927 milhões de pessoas com grande dificuldade para enxergar.

Considerando que, somente em São Paulo, a somatória do número de pessoas com grande dificuldade de enxergar e as totalmente cegas passam de 1.200.000 milhões. Levando em consideração que a população de São Paulo é de 41.262.199 de pessoas, temos uma porcentagem de 2,91% de pessoas que possuem de grandes dificuldades até mesmo extrema dificuldades de locomoção. Esse número é expressivo principalmente se somado aos outros tipos de deficiência relacionados à visão.

O ser humano possui cinco sentidos hierarquicamente importantes, começando pela visão, seguido dos outros quatro. A baixa visão e a cegueira privam o indivíduo do sentido mais valorizado; com essa perda, o processo de comunicação se torna na maioria das vezes complicado e de forma pouco adaptável, prejudicando, assim, a capacidade de percepção, interpretação e de interferência do ser humano em relação ao mundo que o cerca.

Como exposto por Estevão (2020) vivemos em um mundo multissensorial, mas que coloca a visão como o sentido mais importante. Perder esse privilégio pode se tornar uma tragédia pessoal e social, mas essa desvantagem não pode acabar com as perspectivas do indivíduo se auto realizar, mas sim como outra etapa a ser ultrapassada em busca de seu sucesso.

Atualmente, com a inclusão e acessibilidade cada vez mais presentes nas instituições e na sociedade em geral e a constante inovação e aperfeiçoamento da Tecnologia Assistiva (TA), que cumpre seu papel reduzindo a dependência dos deficientes visuais em relação aos videntes, temos uma facilitação da auto suficiência desses indivíduos, promovendo, também, uma maior participação em sociedade e a vivencia de cidadania como um todo.

A Bengala Branca (BB) é uma das TA mais acessíveis, em especial pelo seu preço e não pela tecnologia embarcada. Por isso, podemos observar seu uso em larga escala, mesmo nos dias de hoje. Essa informação é corroborada pela seguinte declaração:

> Apesar dos benefícios derivados do uso de tecnologias assistivas (TA), algumas partes do mundo têm acesso mínimo ou inexistente à TA. Em muitos países de baixa e média renda (LMIC), apenas 5 a 15% das pessoas que precisam de TA têm acesso a elas. [...] (MARASINGHE; LAPITAN; ROSS, 2015, P. 1).

Como aponta Bhatlawande *et al.* (2014) a BB é a ferramenta de assistência ao deslocamento mais aceita entre os cegos pela facilidade de realizarem suas atividades do dia a dia, por conta de sua praticidade, construção básica, por ser muito eclética e de manutenção mínima e pouco dispendiosa.

De acordo com Weid (2015) a bengala se torna como uma extensão de seu dedo, lhe trazendo informações precisas e constantes de toda a superfície do terreno, dando-lhe assim segurança para que, passo após passo, o cego saiba exatamente às condições do local onde irá colocar seu pé. Para que o cego se desloque é preciso muita superação e treinamento; dessa forma, a BB veio para que o indivíduo possa obter informações “enxergar” do ambiente que o cerca, e, com isso, poder caminhar com segurança, superando os obstáculos do percurso e assim chegar ao local desejado.

A BB, como mostra Worth (2013) traz liberdade em forma de mobilidade, não apenas como um símbolo de identificação do cego, mas também de uma pessoa livre e independente que somente quer ser um indivíduo comum.

A BB com tecnologia mecânica é um auxiliar de deslocamento que permite a navegação convencional. Tem custo acessível, é confiável, eficiente, simples e permite que o usuário mantenha o contato constante com a superfície a qual será mapeada, gerando menores erros na interpretação em relação à superfície do

caminho percorrido como mostram (KHAN; KHUSRO; ULLAH, 2018; KIM *et al.*, 2016; PISSALOUX e VELÁZQUEZ, 2017).

> [...] Apesar de quase 120 anos de desenvolvimento de auxiliares de viagem eletrônicos, resultando em um grande número de protótipos e em um número muito menor de dispositivos comercializados, os auxiliares de viagem mais usados ainda são a bengala longa seguida pelo cão-guia. Aproximadamente 10% dos estimados 1,1 milhão de cegos nos EUA usam uma bengala longa e pouco menos de 1% é um cão-guia [...]. (ROENTGEM *et al.*, 2008 apud PISSALOUX; VELÁZQUEZ, 2018, p. 377, tradução nossa).

O cego utiliza de maneira segura várias formas de locomoção, tais como: acompanhante, cães guias e bengalas ou dispositivos eletrônicos (ROENTGEN *et al.*, 2008). A relação de dependência com o acompanhante pode criar ou aumentar a insegurança do indivíduo. No caso do cão guia, por exemplo, muito utilizado comumente nos Estados Unidos, há pouca aceitação no Brasil devido ao investimento alto com treinamento e manutenção; além de ser utilizado por pouco tempo, ainda apresenta problemas com a questão de adaptação com alguns usuários e outras pessoas (GAO *et al.*, 2015).

De acordo com Khan *et al.* (2018) que realizaram uma extensa pesquisa entre 2010 e 2017, foram analisados 38 tipos de dispositivos desenvolvidos para facilitar a locomoção ou localização do cego, sendo eles acoplados ou não às BB. Evidenciou-se que todos os desenvolvimentos tecnológicos que fizeram parte da pesquisa, foram guiados pela eletrônica de ponta, no sentido de aprimorar a BB convencional, produzindo novos auxílios eletrônicos de viagem - *Electronic Travel Aids* (ETA's), auxílios eletrônicos de orientação - *Electronic Orientation Aids* (EOA's) e dispositivos localizadores de posição - Position Locator Devices (PLD's). Porém, constatou-se que a BB convencional prevalece como o meio de navegação mais utilizado pelas pessoas cegas atualmente. Para o futuro, como tendência, deverá ser utilizado um complemento tecnológico de localização – como, por exemplo, um aplicativo de celular.

A classificação das bengalas de acordo com suas cores é de suma importância na identificação dos seus usuários: a BB indica que o usuário é totalmente cego, a bengala verde indica que o usuário possui baixa visão e BB com a ponta vermelha indica que o usuário é cego e surdo.

Identificou-se que a questão dos preços das BB disponíveis no mercado, não permite várias substituições no decorrer do ano, diminuindo a qualidade do mapeamento da superfície e da segurança do seu caminhar. Diante desse panorâma

é primordial que nesse projeto primemos por uma bengala de custo acessivel ou de baixo custo, isto é, com preços na faixa de até 60% dos praticados no mercado, atualmente esses preços variam em média de 23.64 USD, com isso pretende-se desenvolver uma BB com um preço final de no máximo 15.30 USD.

1.2 MOTIVAÇÃO

O interesse por esse tema surgiu através da vivência no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo - Guarulhos (IFSP-GRU) e como membro do NAPNE (Núcleo de Apoio às Pessoas com Necessidades Educacionais Específicas) dessa instituição. Tem o propósito de programar ações inclusivas, contribuindo para a reflexão sobre a prática da inclusão e aceitação da diversidade, com o objetivo de romper as barreiras arquitetônicas, educacionais e atitudinais.

Os NAPNEs também acompanham o desenvolvimento acadêmico dos estudantes com necessidades educacionais específicas, procurando realizar intervenções efetivas durante os seus percursos acadêmicos.

No campus Guarulhos, com a inclusão social, surge à necessidade de preparar a escola para receber esses novos alunos. Como membro do NAPNE e educador, coordenei vários projetos entre eles:

- **Projetos para facilitar a acessibilidade:** suporte para os pés de alunos com nanismo; tablado para alunos com nanismo utilizarem a lousa; suporte para bebedouro para alunos com nanismo; mesas para cadeirantes; guarda corpos próximo à um grande desnível na rota do piso podo tátil; tablado de transferência para cadeirantes no banheiro acessível.
- **Projetos para facilitar o aprendizado:** círculo trigonométrico em placa de madeira - para ensino de trigonometria para alunos cegos; banco de Wells para avaliação da flexibilidade dos alunos; geoplano em madeira e pregos para ensino de vários tipos de gráficos aos alunos cegos.

A partir desses projetos e do retorno dos alunos, surgiu a demanda de consertos de bengalas (trocas de rodízio, limpeza, manutenção, entre outros processos), dessa experiência e contato com o público cego, o projeto foi iniciado por

meio da fabricação de BB com objetivo de: oferecer uma bengala similar à que eles já utilizavam, mas com um material mais resistente, leve e de custo acessível. Foram fabricadas e doadas 100 BB até outubro de 2021, aos alunos residentes no município de Guarulhos, e, após o retorno dos usuários, deu-se continuidade a pesquisa por novas tecnologias e novos metodos de fabricação.

1.3 PERGUNTA DE PESQUISA

Indaga-se como desenvolver uma BB com tecnologias mecânicas atuais que possa atender ao deficiente visual, levando em consideração: custo acessível (60%) da média dos preços de mercado de uma BB comum, menor agarre no solo, maior vida útil, melhor amortecimento de impacto, menor força empregada em sua condução e geometria construtiva aceitável.

1.3 OBJETIVO GERAL

Desenvolver uma BB para deficientes visuais, com tecnologia mecânica com ponteira omnidirecional, sendo esta: capaz de rolar em todas as direções quando apoiada ao solo, que não apresente agarre, com vida útil maior que as de mercado, com custo acessível (até 60%) da média dos preços de mercado de uma BB comum, geometria favorável ao uso e que não caia nas grelhas de águas pluviais.

1.4 HIPÓTESE

Atualmente, as ponteiras das bengalas brancas não possuem agarre ao solo, seu diâmetro não permite quedas em grelhas de águas pluvais, são facilmente substituidas e possuem vida útil longa.

1.5 APRESENTAÇÃO

A tese está dividida em cinco capítulos:

- **Neste capítulo – Introdução:**

  Apresenta a justificativa, tema, pergunta de pesquisa, objetivo geral, hipótese e apresentação.

- **Capítulo 2 – Referencial Teórico:**

  Apresenta os conceitos iniciais, desenvolvimentos que contribuíram para melhoria das BB comuns. Faz uma breve descrição a respeito de cada um dos trabalhos citados e, ao final, apresenta uma análise das aplicações dos desenvolvimentos relacionados, que mais se alinham com o que será proposto nessa tese.

- **Capítulo 3 – Metodologia:**

  Descreve todos os elementos envolvidos neste projeto, desde a definição das metas a serem atingidas, definição da amostra, definição dos testes de vida útil acelerados dos protótipos, definição dos testes de campo, definição da metodologia de avaliação qualiquantitativa para validação dos protótipos desenvolvidos.

- **Capítulo 4 – Resultados / Discussões:**

  Descreve todos os desenvolvimentos realizados na obtenção da ponteira omnidirecional (geometria, seleção de materiais e processos de produção), apresenta o sistema de trava do elástico para substituição da ponteira, assim como o desenvolvimento de uma ferramenta rotativa de laminação/trefilação para conformação das pontas dos tubos segmentados de alumínio. Apresenta os resultados dos testes de vida útil acelerado realizados em laboratório, comparando a BB “Omni-Tip” com uma BB comum e ainda os resultados apurados pelos questionários com respostas baseadas na escala Likert, indicando o nível de usabilidade do produto.

- **Capítulo 5 – Conclusão e Trabalhos Futuros:**

  Conclui-se que os objetivos foram alcançados, a pergunta de pesquisa foi respondida e a hipótese foi refutada. Lista algumas oportunidades de trabalhos futuros que poderiam ser implementadas nas BB mecânicas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A seguir serão apresentados elementos relevantes para a interpretação do projeto em questão.

2.1 A CEGUEIRA

O termo cegueira é utilizado para designar a perda total ou quase total do sentido da visão. A deficiência visual dificulta a vida do ser, pois a realização de muitas atividades - desde as mais simples às mais complexas - são comprometidas.

Mesmo em seu ambiente doméstico, os cegos devem mapear mentalmente a localização dos móveis, objetos, escadas, ou seja, tudo que lhe possa oferecer risco, mas também lhe servir de parâmetros de localização.

De acordo com Hussein *et al.* (2017, p. 04) a cegueira por si só afasta o deficiente visual de atividades sociais fora do local de trabalho. Além disso, diminui severamente as oportunidades de emprego estabelecendo assim vários desafios sociais, "[...] Muitos desses desafios sociais limitam a capacidade de uma pessoa cega de conhecer pessoas, e isso só aumenta a baixa auto-estima". Nesse sentido, define-se a baixa visão e a cegueira:

- **Pessoa com baixa visão:** Pessoa que possui dificuldade em desempenhar tarefas visuais, mesmo com prescrição de lentes corretivas, mas que podem aprimorar a sua capacidade de realizar tais tarefas com a utilização de estratégias visuais compensatórias, baixa visão e outros recursos, e modificações ambientais (MUNSTER; ALMEIDA, 2005).

- **Pessoa cega:** Pessoa cuja percepção de luz, embora possa auxiliá-la em seus movimentos e orientação, é insuficiente para a aquisição de conhecimento por meios visuais, necessitando utilizar o sistema Braille em seu processo ensino aprendizagem (MUNSTER; ALMEIDA, 2005).

2.2 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS

Para entendermos o que representa a Tecnologia Assistiva (TA) para as pessoas com deficiências vale lembrar a seguinte citação:

Para os americanos sem deficiência, a tecnologia torna as coisas mais fáceis. Para os americanos com deficiência, a tecnologia torna as coisas possíveis (RADABAUGH, 1988)

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 (CAT, SEDH, 2007).

Entende-se como TA: uma ferramenta auxiliadora que pode melhorar a capacidade e/ou habilidade do deficiente, permitindo que o mesmo possa realizar atividades por hora impedida pela sua condição atual ou por sua idade.

De maneira geral, os desenvolvimentos tecnológicos se caracterizam pela proposta de facilitar a vida das pessoas. Utilizamos vários recursos desenvolvidos com essa finalidade e nem nos damos conta disso. Esses desenvolvimentos, às vezes pequenos, como uma simples colher, ou mais complexos, como os automóveis e celulares que tanto nos ajudam, já fazem parte do nosso dia a dia, mas aumentam nossas capacidades.

Dessa forma, o maior objetivo da TA configura-se como sendo possibilitar ao indivíduo com deficiência: independência, inclusão e qualidade de vida, por meio da melhoria de sua comunicabilidade, mobilidade, autonomia, acessibilidade ao aprendizado e desempenho profissional no trabalho.

O avanço das tecnologias possibilitou o surgimento de vários trabalhos utilizando a Tecnologia Assistiva Visual. Essa tecnologia é o termo que designa os recursos, dispositivos ou softwares capazes de auxiliar o cego em suas tarefas diárias dando condições de ir e vir aos cidadãos. Alguns destes recursos são inteiramente mecânicos e outros com tecnologia embarcada, conhecidos como ETA’s, EOA’s e PLD’s.

De acordo com Cardillo e Caddemi (2019) os ETA’s são dispositivos auxiliares que estão categorizados de duas formas: primários e secundários; os primários se

propõem a gerar melhores condições de mobilidade ao deficiente visual sem que utilize outra forma de ajuda, já que os mesmos por si só oferecem condições suficientes; enquanto isso, os secundários apenas geram maiores condições de mobilidade e sempre são utilizados com um dispositivo de ajuda primária.

Os ETA's ainda podem ser categorizados como sendo dispositivos que facilitam a mobilidade e navegação. Em relação à mobilidade, ajudam o usuário a localizar e se desviar dos obstáculos no decorrer de seu deslocamento. Já para a navegação, ajudam o deficiente visual a localizar sua rota desde o início ao seu ponto final.

O projeto de um novo ETA deve atender as especificações paramétricas publicadas pelos EUA, pela Pesquisa Nacional (*Council*, 1986) que mostra quais informações devem ser apresentados por um ETA aos deficientes visuais:

- Sobre a existência, localidade e tipo dos anteparos à frente do deficiente visual;
- Sobre o tipo de piso ou pista de caminhada, identificando a textura, etapas seguintes e limites laterais;
- Sobre as características dos obstáculos que ladeiam o deficiente visual;
- Sobre a existência de situações a uma distância relativa de segurança, automóveis e identificação de localização do deficiente visual em tempo real e em relação ao seu ponto de origem durante a caminhada;
- Sobre ponto de referência, sua discriminação e localidade, como acesso à edifícios, seus aposentos, elevador, andar, etc;
- Sobre condições para que o deficiente visual possa gerar um mapa tridimensional do ambiente que o cerca para que haja o deslocamento com convicção.

2.3 BENGALA BRANCA

A BB ou Bengala longa são os mesmos dispositivos, somente citados de forma diferentes pelos autores. São consideradas como auxílio primário de locomoção e como dispositivo capaz de fornecer estabilidade direcional e facilitar a locomoção para os deficientes visuais, sendo o instrumento mais comum nesse sentido. Registros que montam da antiguidade apontam que já se faziam uso de varas e bastões por deficientes visuais. O modelo de bengala que conhecemos hoje somente foi reconhecida e concebida como padrão no século XX, (RODGERS; EMERSON, 2005).

Desenvolvida pelo professor e doutor americano Ricard Hoover, especialista no campo da deficiência visual, criou uma bengala que era capaz de facilitar a locomoção do deficiente visual, e também de lhe dar uma identidade. Os comprimentos variados e sua capacidade de facilitar o mapear do terreno a ser percorrido pelo toque, a bengala se mostrou muito segura, principalmente quando utilizada com as devidas técnicas, somando-se a isso a expertise a sensibilidade e manuseabilidade do usuário, se torna um dispositivo indispensável nas atividades do dia a dia, para uso em ambientes internos e externos.

De acordo com Weid (2015) vivemos em um mundo predominantemente visual. Podemos perceber claramente isso pelos brinquedos e brincadeiras de criança, mas não podemos esquecer que a visão também é aprendida e que a pessoa não vidente tem que se relacionar com o mundo utilizando os outros sentidos e a experimentação através da cultura; mesmo sem enxergar, pode-se ter o seu lado cognitivo tão desenvolvido quanto ao de uma pessoa vidente. A bengala é uma extensão da mente, tornando-se um veículo que possibilita uma nova maneira do cego se deslocar, caminhar e entender o mundo com todos os seus obstáculos. Quando se torna familiar e desvendada, a BB se torna parte do corpo de uma pessoa cega.

A BB ainda pode ser melhorada, porém seu relativo sucesso não pode ser ignorado; isso se deve ao fato de que algumas de suas características agradam aos cegos, pois para as pessoas apropriadamente treinadas oferece uma mobilidade segura.

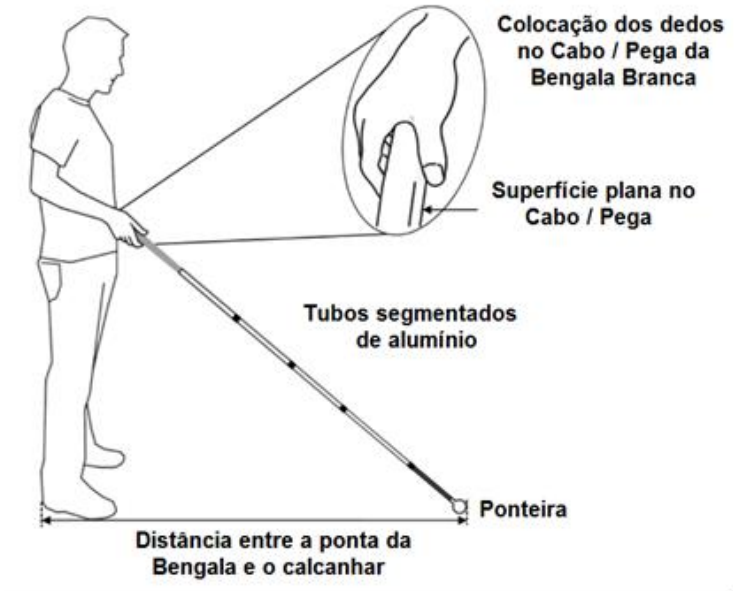
> A bengala é leve, embora o uso prolongado possa causar fadiga do braço. O design mecânico simples significa que não há peças móveis ou componentes eletrônicos que funcionem mal. Embora sejam possíveis danos durante o uso, por exemplo, por meio do contato com veículos, a maioria das bengalas modernas são flexíveis e robustas e podem sobreviver a uma série de acidentes. A ponta e os laços que prendem as seções juntas podem ser facilmente substituídos se danificados, estendendo assim a vida útil da cana (PISSALOUX, VELÁZQUEZ, 2018, p. 378).

De acordo com Kim *et al.* (2016) BB possui uma estrutura mecânica simples com poucas peças, necessitando ser bem acabadas e apresentar dimensões capazes de serem bem encaixadas, com folga em algumas partes e, em outras, esse encaixe deve ser realizado com interferência, isto é, sob pressão para evitar que se soltem.

Em geral, todos os modelos apresentam: o cabo - que pode ser forrado ou não e pode ser também de borracha; a ponteira - geralmente em *Nylon*; os tubos segmentados que podem ser de alumínio, fibra de vidro ou de carbono; e os elásticos

- para mantê-la unida, que encontra na parte interna dos tubos. A composição da BB geralmente se dá em função das características do ambiente onde a mesma será utilizada, uma representação esquemática das partes integrantes pode ser observada na Figura 1, oferecidas no mercado a um preço médio de 23.64 USD, com peso de 276 g e comprimento de 1,20 m, em uma BB com "*roller*"[1], Figura 2. Seu peso varia de acordo com o comprimento e este é determinado em função da altura do osso externo de cada indivíduo, geralmente os comprimentos variam de 5 cm começando em 115 cm a 135 cm.

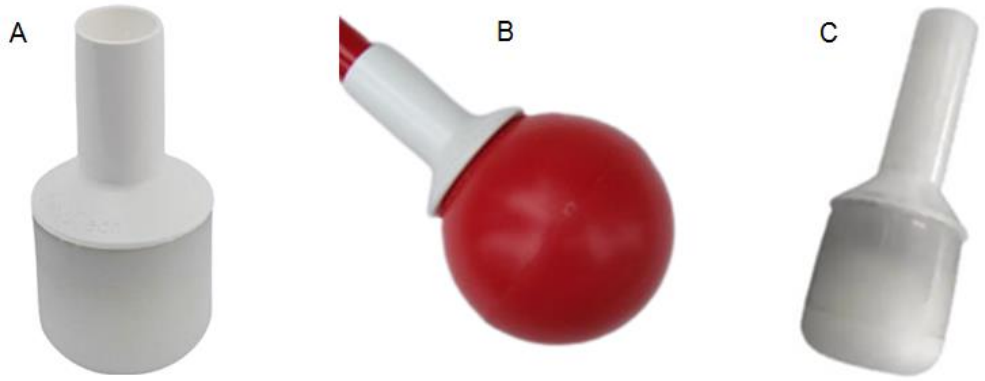
Figura 1 – Bengala Branca com a apresentação de suas partes, em relação ao cego



Fonte: Adaptado de (KIM *et al.*, 2016)

[1] Sistema que por meio de rolamento possibilita, a ponteira girar em torno do seu eixo, quando a bengala é deambulada da direita para a esquerda e vice versa, em contato com o solo.

Figura 2 – Ponteiras com "*roller*" para bengalas brancas: A e B – em formato de *marshmallow*[2], e B – esférica, "*roller ball"*, todas aproximadamente com medidas de 30 mm a 40 mm



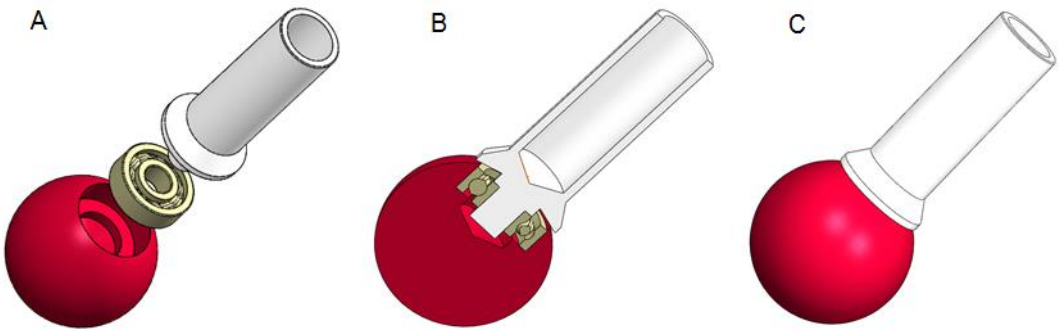
Fonte : https://lojaamplavisao.com.br/produto/ponteira-roller-branca-de-encaixe-ambutech/ - acesso: 21/06/23 – USD – 24.00

Fonte: http://www.howellmobility.com/products.html - acesso: 21/06/23 – USD – 7.95

Fonte: https://laratec.org.br/produto/ponteiras/ - acesso: 21/06/23 – USD – 5.50

Na Figura 3, demonstra-se como é a montagem de uma ponteira comum, de maneira que se possa visualizar o sistema de giro por meio do rolamento, essa montagem é realizada sobre pressão e é de fundamental importância que a esfera tenha giro livre.

Figura 3 – Ponteira "*roller ball*" com 40 mm de diâmetro: A – em vista explodida, B – montada em corte e C – montada



Fonte: De própria autoria

[2] Formato de "*marshmallow*" – cilíndrico e com bordas arredondas.

Há vários tipos de bengalas com várias formas construtivas que foram sendo atualizadas de acordo com a evolução das tecnologias, principalmente em relação à eletroeletrônica O'brien *et al.* (2014).

No estudo de Schimidt *et al.* (2011) onde não se pouparam o emprego de sensores ultrassônicos, laser e radio frequência e novas tecnologias em geral, a ideia original do mapeamento do terreno para facilitar o deslocamento do deficiente visual sempre foi mantida.

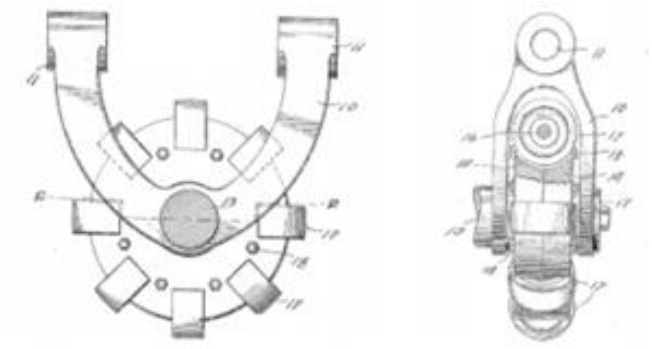
Os especialistas da área de Orientação e Mobilidade (O&M) notaram que a posição da mão que segura a bengala durante a caminhada, quando posicionada a um dos lados do corpo, traz maior segurança ao usuário do que quando próxima ao centro do corpo, devido a redução dos riscos de acidentes decorridos do agarre (travamento da bengala ao solo) (WALL EMERSON *et al.*, 2019).

As funções primordiais da BB são: identificação de degraus, declives e obstáculos (BLASCH *et al.*, 1998).

2.4 ROBÔS E VEÍCULOS COM RODAS OMNIDIRECIONAIS

As rodas omnidirecionais já são utilizadas na robótica, na indústria e na logística. Por muitos anos esses segmentos já se beneficiam das suas características relacionadas a facilidade de mudança de direção. Umas das primeiras rodas omnidirecionais foi desenvolvida pelo inventor Bengt Ilon (Figura 4) por volta de 1973 (ROJAS, 2006).

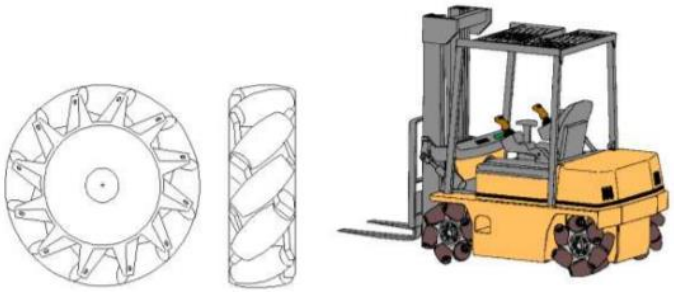
Figura 4 – Desenho da primeira roda omnidirecional, conforme descrito em Patente americana de Grabowiecki de 1919



Fonte: Rojas 2006

Até mesmo uma empilhadeira pode utilizar rodas com a filosofia omnidirecional: as rodas para movimentação e transporte apresentam uma construção geométrica poligonal com pequenos rolos transversais em cada ponta do polígono (Figura 5).

Figura 5 – Roda omnidirecional e empilhadeira omnidirecional



Fonte: Rojas 2006

Blumrich em 1974 patenteou rodas com poucas variações das rodas de Grabowiecki, que desenvolveu as rodas do ônibus lunar. As rodas apresentam composições geométricas circulares (redondas), e, quando duas delas são empilhadas, faz com que todo o perímetro da circunferência seja varrido pelos rolos transversais (Figura 6).

Figura 6 – Rodas omnidirecionais: segmentada e dupla comercial



Fonte: Rojas 2006

Os robôs que usam rodas omnidirecionais, chamado de robô móvel omnidirecional (OMR), possuem movimentos chamados de holomônicos; os mesmos são capazes de executar movimentos independentes e simultâneos de rotação e translação, e, devido a essa particularidade, possuem alta manobrabilidade. Dependendo da geometria construtiva das rodas omnidirecionais, as mesmas não suportam muita carga, mas permitem um conceito fundamental em relação a sua

movimentação. Para o veículo atingir o alvo desejado, é executado em uma direção o movimento ativo, sendo que sua construção mecânica permite movimento passivo em outra direção. De uma forma geral, as rodas omnidirecionais são composta de uma roda tradicional a qual foram adicionados rolos periféricos que podem estar dispostos em ângulos em 45°, 90°, ou outros ângulos de acordo com a necessidade, como a roda Mecanum e a roda sueca, (Figura 7 e 8) respectivamente (YU *et al.*, 2019).

Figura 7 – Roda Mecanum



Fonte: https://www.quenembanana.com/wp-content/uploads/Kit-4-Rodas-Robotica-Vex-Mecanum-10-cm4-510x510.jpg - acesso em: 15/07/2022

Figura 8 – Roda sueca



Fonte: Yu *et al.* 2019

O autor dessa tese, por meio de observações de carrinhos robôs e veículos que se movimentam no plano em qualquer direção, com suas rodas omnidirecionais, idealizou incorporar essa tecnologia à bengala de deficientes visuais, possibilitando assim, que a mesma pudesse se mover da mesma forma (Figuras 9, 10, 11 e 12).

Figura 9 – Motocicleta com esferas gigantes no lugar de rodas (Rodas Omnidirecionais)



Fonte: https://www.techtudo.com.br/noticias/noticia/2012/09/estudantes-criam-motocicleta-com-esferas-gigantes-no-lugar-das-rodas.html – acesso em: 12/10/2021

Figura 10 – Veículo capaz de movimentar para as laterais e fazer baliza com facilidade



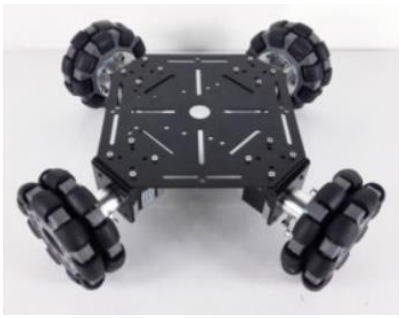
Fonte: https://www.tecmundo.com.br/carro/106772-voce-estacionar-baliza-rodas-omnidirecionais.htm – acesso em: 12/10/2021

Figura 11 – Veículo com rodas Mecanum, roda Sueca 45°



Fonte: https://www.youtube.com/watch?v=NfNMJwev__c&ab_channel=Dronemodelismo – acesso em: 12/10/2021

Figura 12 – Base para robô com rodas omnidirecionais



Fonte: http://classes.elvirarafikova.com/rma/mobilidade/ – acesso em: 12/10/2021

2.5 ORIENTAÇÃO E MOBILIDADE (O&M)

O deficiente visual congênito ou adquirido necessita de maneiras de se situar em locais e situações diferentes. Devido a falta da visão, os seus outros sentidos (audição, tato e olfato) são estimulados e se tornam mais afinados, e, com o passar do tempo, tornam-se mais eficazes na ajuda ao deslocamento. Portanto de acordo com Weishaln (1990, apud MEDEIROS *et al.*, 2015) a Orientação se dá através do uso dos outros sentidos, que ajudam o indivíduo a se posicionar e perceber os obstáculos a sua volta.

Ainda de acordo com Weishalm, a Mobilidade se refere ao deslocamento, seguro, efetivo e confortável no ambiente com a utilização dos sentidos não visuais.

Portanto, para que o deficiente visual totalmente cego ou com baixa visão consiga se deslocar com segurança de um local para outro, é importante que o mesmo entenda as informações táteis apresentadas no ambiente ou que outra pessoa possa acompanhá-lo no trajeto.

A questão da independência para o cego sempre foi uma barreira a ser superada; a BB, ou seja, a bengala mais comum, exige que seu usuário esteja sempre atento, mantendo seus outros sentidos em alerta, pois o sucesso de seu deslocamento caberá somente a si (SANTOS *et al.*, 2010).

Segundo Kim *et al.* (2010) no momento em que o usuário da BB está mapeando uma superfície com os movimentos de balanço da bengala no solo da esquerda para direita e vice-versa, cria-se uma imagem tridimensional do ambiente dando assim

condições para a locomoção do cego. De acordo com Dakopoulos e Bourbakins (2010) vivenciar este momento de maneira segura faz toda a diferença para a pessoa cega.

No trabalho apresentado por Ibrahim (2019, p. 235) que mostra a importância da Orientação e Mobilidade (O&M), no que diz respeito a integração social de deficientes visuais adultos em Kano, na Nigéria, concluiu-se que há uma influência expressiva e positiva na “[...] autoestima; autoconfiança; participação comunitária e participação econômica de adultos com deficiência visual entre 25 e 45 anos [...]”, mas, ainda de acordo com o trabalho, falta treinamento na utilização de banheiros e sala de parto.

2.5.1 O deficiente visual com baixa visão ou cego, problemas de aceitação, inclusão e estigmas

O trabalho apresentado por Aciem e Mazzotta (2013) mostra como é importante a reabilitação para o deficiente visual tornar-se hábil, se renovar, sendo de grande relevância pessoal e social na transformação do cidadão e sua atuação em sociedade. Porém, pouco treinamento não é eficaz para desenvolver a autonomia de deslocamento; ainda será preciso transpor os problemas da limitação visual, total ou parcial e os estigmas tão conhecidos pela nossa sociedade, que geralmente são atribuidos aos deficientes visuais. A conquista da autonomia pelo deficiente visual se dá também pela convivência com seus iguais, com a família e com os profissionais de O&M que os ajudam, facilitando o processo de desenvolvimento da autossuficiência e autoestima, no período de reabilitação em instituições especializadas.

Para o ser humano, a autonomia é um princípio individual e natural, que se dá através das relações, e, de acordo com Winnicott (1969) em sua teoria do amadurecimento, o homem constrói sua identidade através das relações com o outro.

De acordo com Worth (2013) em relação aos deficientes visuais jovens a questão de uma maior mobilidade está inteiramente ligado à independência e a transição para a vida adulta, para o trabalho e para assumir a saída de casa.

2.5.2 Entendendo como as pessoas com baixa visão e cegas caminham

Para o desenvolvimento de novos projetos eficazes capazes de atender às necessidades dos cegos, o conhecimento básico de como acontece o seu caminhar é de grande importância. De maneira geral, para que ocorra a mobilidade se faz necessário uma avaliação sensorial das informações, assim determinando o sentido e direção a ser seguida, evitando os obstáculos em um deslocamento, próximo de uma linha reta. O cego, ao contrário das pessoas com visão, utiliza primordialmente o tato e a audição para formar uma imagem espacial do terreno ao qual está se deslocando (PISSALOUX; VELÁZQUEZ, 2018).

Ainda nesse contexto, nos lembra Pissaloux e Velázquez (2018) os cegos precisam estar relativamente próximos dos anteparos para perceberem pelo toque das mãos, bengala, dos pés ou mesmo com uma combinação destes; neste caso, os mesmos funcionam como referências ou como obstáculos. Isso ocorre devido ao fato do cego não ter informações de previsão nem mesmo de visão geral do trajeto - diferentemente de uma pessoa com visão, que precisa de menos pontos de referência que o cego.

A Tabela 1, ilustra os valores de velocidade média confortável de acordo com a literatura baseada em crianças, adultos jovens ou mais velhos.

Tabela 1 – Velocidade confortável segundo alguns autores

Autores	**Velocidade confortável**		
	Crianças	**Adultos**	
		Jovens	**Mais velhos**
Stanfield *et al.* (2011); Oberg e Karszinia (1993)	1,07 a 1,32 m/s (3,85 a 4,75 km/h)		
Oberg; Karszinia (1993) e Al-Obaidi *et al.* (2003)		1,05 a 1,43 m/s (3,78 a 5,15 km/h)	
Bohannon; Williams e Andrews (2011)			0,94 a 1,34 m/s (3,38 a 4,8 km/h)

Fukuchi *et al.* (2019, p. 08) em sua metanálise, apresentam a questão da velocidade da marcha em relação a biomecânica como algo crucial para “[...] uma avaliação adequada das alterações na marcha, uma vez que indivíduos patológicos tendem a andar mais devagar do que controles saudáveis”.

2.5.3 Técnicas mais utilizadas na condução da Bengala Branca

São duas, as técnicas mais utilizadas pelos deficientes visuais em seus deslocamentos, que consiste em segurar a bengala pelo cabo com uma das mãos e apoiá-la no solo, após o usuário identificar que não há obstáculos que atrapalhem seu deslocamento na direção a ser seguida através da varredura (Figura 13), inicia-se as técnicas propriamente ditas (KIM *et al.*, 2016).

- Técnica de toque em dois pontos

De acordo com Felippe e Silveira (2001) esta técnica necessita de dois movimentos, sendo eles: o primeiro, realizar um arco na frente do usuário afim de verificar a possibilidade segura de realizar a passada, que fica entre 90° a 180° (um pouco mais largo que os ombros), da esquerda para a direita e vice versa, sendo o usuário o ponto central do arco; o segundo, sendo um movimento de subida e descida verticalmente da ponta da bengala, realizado juntamente com o primeiro. Esse processo ocorre enquanto o deficiente visual caminha pra frente: o movimento inicia e finaliza ao toque da ponteira no solo e continua se repetindo durante todo o percurso da caminhada, tocando a ponteira somente duas vezes ao solo a cada movimento no final do comprimento do arco, sempre se alternando a varredura com a próxima passada, pois é a varredura que dará a segurança para a mesma (Figura 14).

- Técnica de contato constante

De acordo com Felippe e Silveira (2001) esta técnica consiste em fazer a bengala deslizar no solo da esquerda para a direita e vice versa em um arco que fica entre 90° e 180°, sendo o usuário o ponto central do arco enquanto caminha para frente, esse movimento inicia e finaliza com a bengala indo de um lado para outro. A bengala sempre estará em contato com o solo, e sempre se alternará a varredura com a próxima passada, pois é a varredura que dará a segurança para a mesma (Figura 15).

De acordo com Kim *et al.* (2010) que estudaram a capacidade de detectar objetos e obstáculos entre as técnicas de utilização de bengalas mais utilizadas pelos deficientes visuais, a técnica de toque em dois pontos e a técnica de contato constante, chegaram a conclusão de que a técnica de contato constante oferece uma taxa de detecção nitidamente melhor que a técnica de toque em dois pontos.

Figura 13 – Procedimento de varredura



Figura 14 – Técnica de toque em dois pontos



Figura 15 – Técnica de contato constante



Fonte: adaptado de Felippe e Silveira, 2001

A utilização das técnicas apresentadas podem ser executadas com uma ponteira que tenha o sistema "*roller*", impedindo que a mesma fique presa em frestas e descontinuidades em geral apresentadas no piso em que ocorre a caminhada, que podem interromper o deslizar da bengala.

Ainda de acordo com Santos *et al.* (2010) apresenta-se as maneiras mais comuns de se segurar a bengala no momento de sua utilização (Figuras 16, 17, e 18).

Figura 16 – Bengala inclinada para frente



Figura 17 – Bengala inclinada lateralmente



Figura 18 – Bengala na vertical



Fonte: Adaptado de Felippe e Silveira, 2001

2.6 DESENVOLVIMENTOS QUE TROUXERAM MELHORIAS À BENGALA BRANCA COMUM

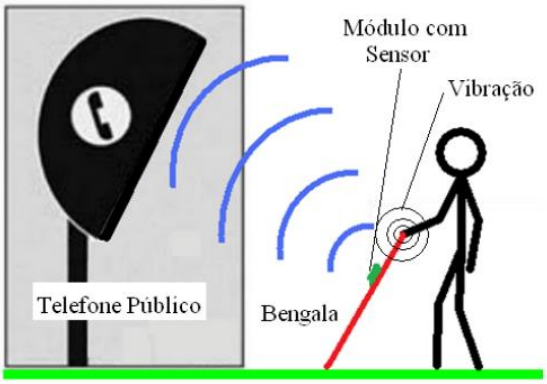
A seguir apresenta-se alguns desenvolvimentos que mudaram a concepção da BB comum à fim de trazer melhorias ao usuário.

2.6.1 Desenvolvimentos eletrônicos embarcados à Bengala Branca comum - Utilizando a tecnologia de “Radio Frequency Identification” (RFID)

Santos *et al.* (2010, p. 1 e 9) apresentam em seu trabalho o desenvolvimento de uma bengala eletrônica com capacidade de detectar objetos na altura do tórax (Figura 19), mas os autores apontam que a bengala não passa de um dispositivo como um bastão, mas, “[...] mesmo com todo o avanço tecnológico, ainda se traduz como o mais eficiente instrumento para dar independência à mobilidade de pessoas com deficiência visual ou com baixa visão.”

Os autores evidenciaram que “[...] já existem muitos objetos com essa finalidade, porém nem todos possuem eficácia apreciável ou um preço acessível para a população sendo sua grande maioria importados.” Uma outra vantagem destacada é que o sistema detectivo desenvolvido utiliza a tecnologia de Radio Frequencia (RFID) e pode ser acoplado à bengalas convencionais.

Figura 19 – Esquema do funcionamento da bengala eletrônica



Fonte: Adaptado de Santos *et al.* 2010

Fukasawa *et al.* (2012) apresenta um conjunto tecnológico capaz de seguir uma linha colorida de navegação previamente estipulada e colada ao solo. Quando o identificador RFID encontra uma linha colorida o sistema passa a informar o usuário

que está na direção correta através de vibração; ao encontrar uma etiqueta RFID, o sistema o avisa através de uma gravação pré definida do local que ele se encontra, através do seu fone de ouvido.

Lee *et al.* (2015) em seu estudo sobre o *TalkingCane*, apresenta uma proposta de desenvolvimento que complementa a BB através da utilização de RFID - instrumento interativo - possibilitando a comunicação entre o cego e o mundo e melhorando sua acessibilidade em seu dia a dia. Facilita o uso em ônibus com a tecnologia de comunicação sem fio *Bluetooth*[3] , permitindo identificar sua localização através de *smartphone*[4], com a leitura de placas Braille identificadoras de RFID no solo. O dispositivo funciona integrado com o sistema viário da cidade, que identifica a presença do usuário de BB através da leitura da placa de RFID, avisando o motorista do ônibus que é treinado para dar assistência no embarque ao deficiente visual (Figura 20).

Figura 20 – Proposta de forma construtiva do *TalkingCane*



Fonte: Lee *et al.* 2015 – (tradução nossa)

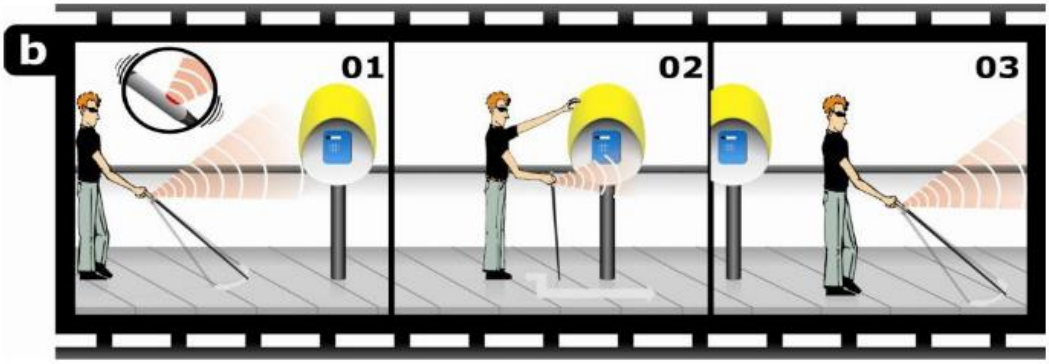
[3] *Bluetooth* é o nome dado à tecnologia de comunicação sem fio de que permite transmissão de dados e arquivos de maneira rápida e segura através de aparelhos de telefone celular, notebooks, câmeras digitais, consoles de videogame digitais, impressoras, teclados, mouses e até fones de ouvido, entre outros equipamentos. https://www.tecmundo.com.br/bluetooth/161-o-que-e-bluetooth-.htm - acesso em 11/05/20121 – 12h27

[4] O termo *smartphone* pertence à língua inglesa e faz referência àquilo que, no nosso idioma, conhecemos como telefone inteligente. Trata-se de um telemóvel que oferece funções semelhantes às de um computador e que se destaca pela sua conectividade.

- Utilizando a tecnologia Ultrassônica

Fonseca *et al.* (2012, p. 222) nos apresentam um dispositivo eletrônico capaz de detectar obstáculos acima da linha: essa bengala longa eletrônica, juntamente com as adaptações arquitetônicas e urbanísticas, trará benefícios com o fornecimento “[...] de informações importantes para o processo de orientação e mobilidade dos deficientes visuais nesses espaços. As opiniões dos deficientes visuais (oito) demonstraram sua satisfação quanto aos resultados alcançados. [...]”, que, de acordo com os participantes, os testes avaliaram o protótipo como sendo capaz de detectar obstáculos acima da linha da cintura de forma eficaz, utiliza a tecnologia ultrassônica em seus sensores (Figura 21).

Figura 21 – A Bengala eletrônica alerta sobre obstáculos acima da linha da cintura



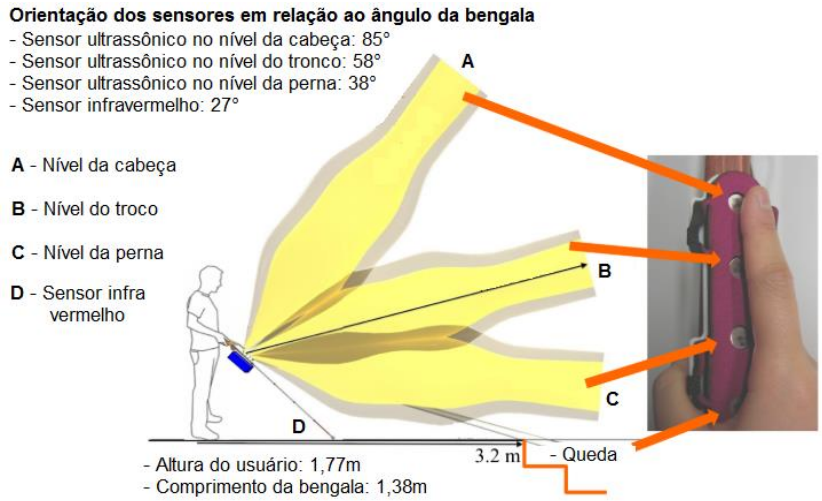
Fonte: Fonseca; Lopez e Alejandro, 2012, p. 224

Okayasu (2010) apresenta dois projetos para auxiliar o deficiente visual em seu deslocamento, que são utilizados em conjunto com a BB onde foi utilizado a tecnologia ultrassônica nos sensores e no conjunto de vibradores: os sensores detectam as posições dos obstáculos em nível baixo e alto, enquanto os vibradores alocados no cabo da bengala e em uma pulseira são acionados para avisar o usuário dos obstáculos. Por outro lado, na interface háptica 3D, os sensores infravermelhos acionam os pinos proporcionalmente à distância entre o obstáculo e o deficiente visual, dando ao usuário a sensação de distância e indicando a figura do obstáculo presente, na interface.

Pyun *et al.* (2013) apresentam a BB aumentada avançada (AAWC), um sistema eletrônico desenvolvido para ser utilizado em conjunto com uma BB comum, que se

propõe a aumentar a capacidade de detecção de obstáculos e quedas[5], que hoje se dá ao nível do solo, capacitando-a para detectar também os obstáculos na altura do tronco e da cabeça. Segundo os autores muitos ETAs foram propostos para superar essa dificuldades BB comum; entretanto, sua aceitabilidade foi mínima, devido sua baixa confiabilidade e baixo conteúdo de informações (Figura 22).

Figura 22 – Arranjo de sensor ideal baseado em uma reconstrução da forma do feixe dos sensores ultrassônicos em relação a um usuário humano



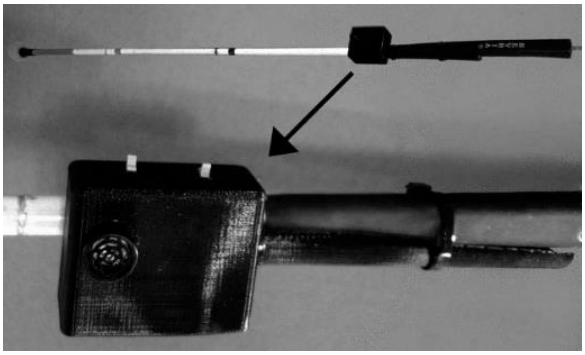
Fonte: Adaptado de Pyun *et al.* 2013

O'brien *et al.* (2014, p. 220) em seu projeto de um auxílio eletrônico de viagem (ETA), amplifica a capacidade de detecção de obstáculos da BB, utilizando-se de um sensor ultrassônico que faz varredura constante em busca de obstáculos e informa o usuário através de um motor vibratório. Todo o conjunto fica conectado ao corpo da bengala próximo ao punho ou pega, sendo que a faixa de frequência da vibração do motor de 230 Hz fica acima da faixa de frequência natural 30–100 Hz, existente entre a bengala e o contato com o solo, para que o deficiente visual não se confunda com os sinais vibratórios.

Os autores nos lembram que "[...] como os ETA's comerciais costumam ser complexos e proibitivamente caros para a maioria dos usuários cegos, [...]" o projeto sugerido foi desenvolvido para ser descomplicado e de baixo custo (Figura 23).

[5] Declives acentuados ou degraus.

Figura 23 – O auxílio eletrônico para viagens

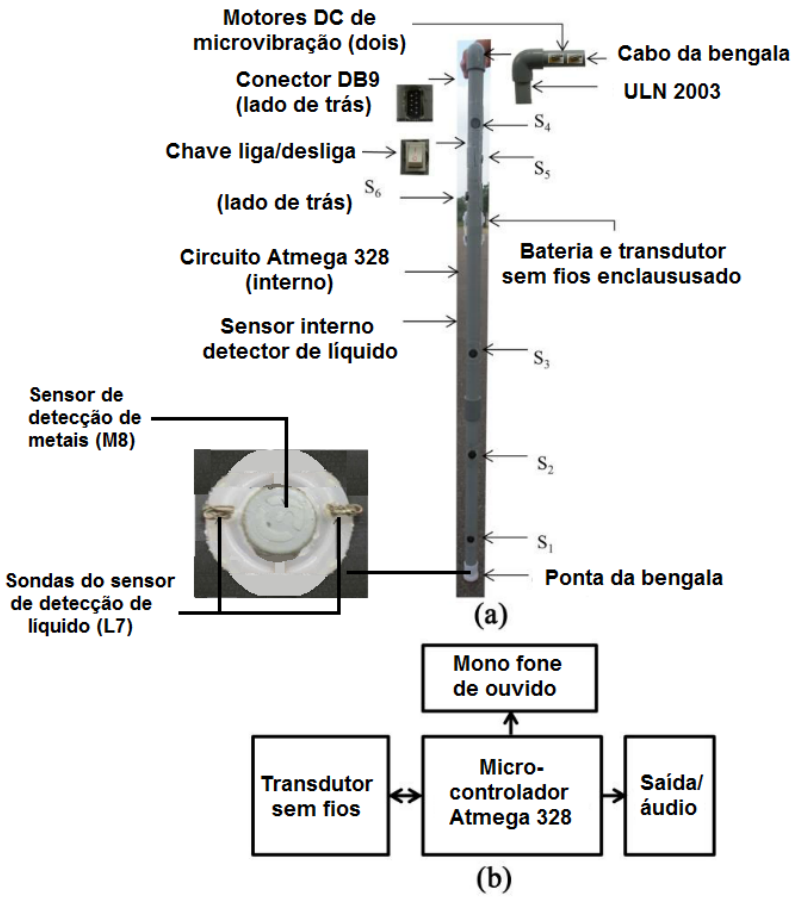


Fonte: O’brien *et al.* 2014, p. 222

Bhatlawande *et al.* (2014) em seu estudo apresenta uma bengala eletrônica – *Electronic Mobility Cane* - (EMC) dotada de um sistema com sensores ultrassônicos de baixa potência que detecta obstáculos e auxilia o deficiente visual em seu deslocamento. Além de servir como localizador do usuário, através de lógica, faz um mapeamento da região circundante para deduzir quais são as informações prioritárias com a intenção de passá-las ao usuário sem sobrecarregá-lo.

Ainda de acordo Bhatlawande, que desenvolveu a bengala de mobilidade eletrônica, o mesmo evidencia que: a maioria dos cegos ainda optam pela BB comum ou um cão-guia para ajudar na sua caminhada e rotinas diárias, visto que a bengala oferece assistência básica com pouca manutenção (Figura 24).

Figura 24 – Bengala de mobilidade eletrônica totalmente montada



Fonte: Bhatlawande *et al.* 2014 – (tradução nossa)

- Utilizando a tecnologia Ótica

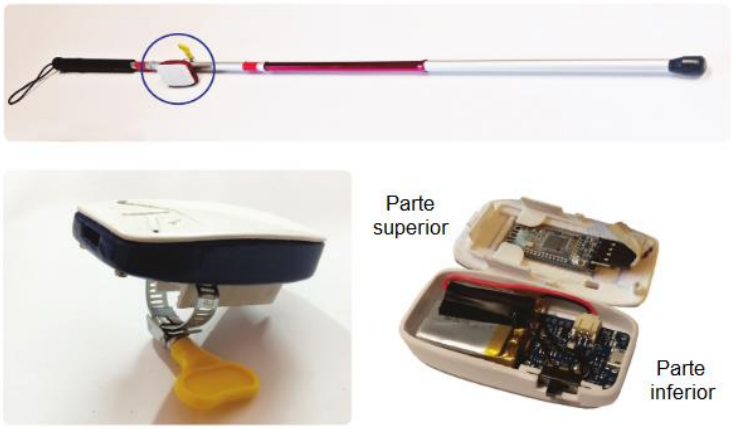
Kim *et al.* (2016, p. 216 e 221) em seu estudo sobre a técnica de contato constante nos diz que “Embora várias ETA’s tenham sido desenvolvidas nas últimas décadas, a bengala convencional continua sendo a ferramenta de navegação mais amplamente utilizada para pessoas com deficiência visual”. Dessa mesma forma ainda nos mostra que é imprescindível para o desenvolvimento e aceitação dos ETA’s, o entendimento das singularidades pessoais e o conhecimento sobre a utilização da bengala longa por tempo prolongado.

Esse estudo teve como finalidade apresentar um caminho para os futuros trabalhos: “[...] ETA’s eficientes para complementar a bengala longa convencional, que ainda é a ferramenta de navegação amplamente mais usada para cegos e pessoas com deficiência visual.”

- Utilizando a tecnologia dos Smartphones

Patil *et al.* (2019) após pesquisa sobre ETA's especializados, abandonados por usuários cegos por dificuldades em acessar seu *smartphone* ao mesmo tempo em que usa o dispositivo de locomoção, foi capaz de desenvolver o *GesturePod*. Esse dispositivo possui interação sem toque ou mesmo sem retirá-lo do bolso, reconhecendo os movimentos do usuário em sua bengala e acionando tarefas no seu celular; possui 92% de precisão de reconhecimento das tarefas a executar, é sugerido para uso em ambientes internos e externos restritos, de dimensões reduzidas. O dispositivo é leve, não causando nenhum impacto na utilização conjunta com a BB (Figura 25).

Figura 25 – *GesturePod*. A imagem superior mostra a cápsula presa a uma Bengala Branca. A imagem inferior esquerda mostra a visualização em *close* do *pod*. A imagem inferior direita mostra o interior do *pod*



Fonte: Patil *et al.* 2019

- Utilizando a tecnologia Laser

Hesch e Roumeliotis (2010) mostram uma ferramenta portátil de auxílio para deficientes visuais, para estimativa de posição e orientação (pose), através de um pedômetro alocado no pé do usuário juntamente com o conjunto do sistema sensitivo montado na BB, aparelhado com um giroscópio de três eixos e um *scanner* bidimensional a *laser* (Figura 26).

Figura 26 – Mostra o uso típico do auxílio de localização (pose)



Fonte: Hesch e Roumeliotis 2010.

Khan *et al.* (2018) em sua revisão da literatura em 38 tipos de ETA's, EOA's e PLD's disponíveis no mundo, com vários tipos de tecnologias eletrônicas diferentes, observaram que a maioria das soluções apresentadas utilizam a BB como base do projeto e tentam melhorá-la utilizando tecnologias mais modernas, (Tabelas 2, 3 e 4).

> A bengala branca está entre os meios de navegação mais amplamente utilizados para pessoas cegas. Os avanços na onipresente tecnologia moderna introduziram inúmeras oportunidades para aprimorar a utilidade da cana branca. Nesse sentido, os pesquisadores avançaram seus esforços sem fim para tornar a cana branca assistida por tecnologia útil, confiável e fácil de usar. (KHAN *et al.*, 2018, p. 20).

Os autores apontam que a tendência evidenciadas nos estudos se alinhão no sentido de desenvolvimentos de soluções para a BB assistida por tecnologia, para serem aplicadas tanto em espaços internos quanto externos, com a perspectiva de melhorar a navegação dos deficientes visuais.

Dentro desse contexto, percebe-se que se torna uma tendência desenvolver projetos utilizando *smartphone*, sensor ultrassônico, microcontroldores para processamento e tomadas de decisões em complemento à BB para facilitar a navegação, com custo acessível e de simplicidade no uso da tecnologia já difundida. Além disso os autores apontam que para o desenvolvimento de um novo projeto é importante: a participação do usuário final em todas as estapas do processo; que as informações enviadas ao deficiente visual pelo novo ETA, deva ser o mais tátil possível; se for por meio de áudio, deve-se cuidar para não sobrecarregar o senso

auditivo do usuário; se for por vibração deve-se priorizar a maximização do conta dispositivo / usuário.

Ainda segundo os autores um ETA (BB) identifica obstáculos, oferecem diretrizes, posicionamento e esclarecimentos de snalizações ao deficiente visual, para um caminhar seguro e eficaz. Contudo, não é capaz de reproduzir ou ampliar por completo os benefícios de uma BB. Dessa forma os desenvolvimentos que visão estender a BB comum, utilizando as tecnologias disponíveis não devem interferir em sua usabilidade, peso, formato construtivo, segurança, forma de armá-la ou em sua maneira de dobrá-la, além disso sua curva de aprendizado deve ser mantida no mínimo possível.

Os autores ainda ressaltam que um novo ETA (BB) deve ser avaliado por meio da comparação com uma BB comum, com o intuito de avaliar sua eficácia na repetibilidade de suas funcionalidades, bem como sua capacidade de fornecer outras.

Nota-se que todos esses desenvolvimentos foram embarcados à BB comum, pois o mesmo se configura como a TA de deslocamento mais aceita pelos deficientes visuais, comprovando assim a força de ligação entre deficiente visual / BB comum, reforçando assim as estatísticas de abandono das TA, citados por (CRUZ; EMMEL 2015).

Tabela 2 – Critérios para avaliação da Bengala Branca assistida por tecnologia. Os autores usam abreviações / mnemônicos para representar essas entradas, na Tabela 3 para maior clareza e ajuste dos detalhes especificados nas células correspondentes

Critério de Avaliação	Objetivo	Valores / Símbolos
Sensores do ambiente operacional (OE)	Diferenciar os bastões brancos assistidos por tecnologia de ponta com base nos ambientes para os quais foram projetados para operar em:	Interno (I), Externo (O), Interno e Externo (IO)
Sensores	Identificar o número, tipo e a face dos sensores explorados em Bengalas Brancas para fins de detecção	Sensor único (S), Sensor múltiplo (M) Tipo de sensor (T): Ultrassônico (EUA), Laser (L), Giroscópio (G), Pedômetro (P). Infravermelho (IR), Câmera (Cm), Acelerômetro (Acc), Água (W), Magnetômetro (M) Face do sensor (SF): Para cima (U), Para baixo (D), Esquerda L, R direita, Frontal F. arbitrária (O), Nível do tronco (T), Desembarques (DO)
Funcionalidade do sistema Posicionamento	Descrever a funcionalidade desejada da bengala branca assistida tecnologicamente em relação à detecção de obstáculos, reconhecimento de obstáculos, eco localização e linhas periféricas;	Detecção de Obstáculos (DO), Reconhecimento de Obstáculos (OR), Linhas de costa (S), Eco localização (E).
Posicionamento da unidade sensorial (PSU)	Descrever a colocação de sensores nas diferentes áreas/partes de uma bengala branca	No punho da bengala branca (WCH), no centro da bengala branca (WCC), no fundo da bengala branca (WCB), na bengala branca virtual (VWC)
Operação da faixa de detecção do sensor	Para descrever a faixa de detecção de sensores em diferentes direções	Faixa frontal (FR), Faixa ascendente (UR), Área de cobertura angular/ Posicionamento angular (ACA / AP)
Modo de Operação (OM)	Para classificar a bengala branca assistida por tecnologia com base em seu modo de operação	Computador de mão (HH), bengala montada com mochila, unidade de computação (CMBPCU), bengala montada (CM), cabeça montada (HM), bengala montada e portátil (CMHH)
Localização de Dispositivo Computacional (CD)	Descrever o tipo de dispositivo de processamento de dados e tomada de decisão	Microcontrolador (MC), *Smartphone* (SP), Circuito analógico (CA), Microprocessador (MP), Computador (C), Google Tango (GT), Não fornecido (NG)
Tecnologia de localização (LT)	Descrever a tecnologia usada para localização nos arredores	Sistema de Posicionamento Global (GPS), Identificação por Rádio Frequência (RFID), Códigos de Resposta Rápida (QR-Codes)
Interação Usuário-Sistema (USI)	Identificar como os usuários interagem com uma solução proposta na forma de entrada e saída do sistema	Entrada (I): Botões/ Interruptores (PB/S), Teclado (KP), Joystick (JS) Saída (O): Auditiva (A), vibração (V), auditiva e vibração (AV)
Fonte: Khan *et al.* 2018		

Tabela 3 – Avaliação e comparação de soluções de cana branca assistida por tecnologia.

No.	Estudo / Nome do sistema	OE	Sensores			PSU	Faixa de detecção dos sensores			OM	CD	Funcionalidade do sistema				LT	Interação usuário-sistema	
			S/M	T	SF		FR	UR	ACA / AP			OD	R	E	S		I	O
1	ARIANNA (Croce et al., 2014)	I	S	Cm	F	VWC	X	X	X	HH	SP	X	X	E-	S-	QR	X	V
2	Electronic Cane (Bouhamed et al., 2012)	I	M	US, Cm	U-D, F	WCC	0.03-10m	X	X	CM	MC	X		E-	S-	X	X	A
3	Kinect Cane (Takizawa et al., 2012)	I	M	Cm, IR, Acc	F	WCH	0.01-0.5m	35%/ x	X	CM BP CU	C	R		E-	S	X	KP	AV
4	(Niitsu et al., 2012)	I	M	US, G, BT, Comp	F	WCH	4m	X	4m	CM	SP		X	E-	S-	X	X	A
5	Co-Robotic Cane (Ye, Hong& Qian, 2014)	I	M	Cm, G	F	WCH	5m	X	X	CM	C			E-	S+	X	KP	RG, A
6	CCNY Smart Cane (Chen et al., 0000)	I	M	IR, Cm, G, Acc	F	WCH	0.5m	X	X	CM	MC, GT			E-	S+	X	JS, PB/S	AV
7	(Munteanu; Ionel, 2016)	I	M	US, BT	F, U	VWC	0.2-4m	0.2-4m	X	CM	MC		X	E-	S-	X	X	AV
8	(Ye, 2010)	I	S	Cm, (3D)	F	WCH	0-5m	X	34-43%/X	CM	C			E-	S-	X	X	AV
9	(Alshbatat; Ilah, 2013)	O	M	US, GPS	F, O	WCH	5m	X	X	CM	MC			E-	S-	GPS	KP	AV
10	(Madulika et al., 2013)	O	M	US, GPS	F, O	WCH	0.02-6.5m	X	X	CM	MC			E-	S-	GPS	X	AV

Tabela 3 – Continuação

s. No.	Estudo / Nome do sistema	OE	Sensores			PSU	Faixa de detecção dos sensores			OM	CD	Funcionalidade do sistema				LT	Interação usuário-sistema	
			S/M	T	SF		FR	UR	ACA / AP			OD	R	E	S		I	O
11	(Andò etal., 2015)	O	M	US, Acc	L-R, O	WCC	0.8m	X	X	CM	MC		X	E-	S-	X	X	V
12	(Mutiara, Hapsari; Rijalul, 2016)	O	M	US, Acc, G, M	F, D	WCH WCB	0.03-1.5m	X	X/45°	CM	MC		X	E-	S+	X	PB/S	A
13	Ultra-Body Guard (RTB, 2018)	O	M	US, Light, Comp	F, U	WCH	3m	3m	X	CM	MP			E-	S-	X	X	AV
14	SmartCane (Vaib- hav et al., 2010)[a]	I O	S	US	F, U	WCH	3m	3m	1.2-1.3m / 50°-60°	CM	MC		X	E-	S-	X	X	V
15	Miniguide[b] (Hill & Black, 2003)	I O	S	US	F, U	VWC	3m	3m	X	HH	MC		X	E-	S-	X	X	V
16	UltraCane[C] (Withington et al., 2004)	I O	S	US	F, U	WCH	4.5m	4.5m	X	CM	MC		X	E-	S-	X	X	V
17	Palm Sonar[d] (Corporation, 2018)	I O	S	US	F, U	VWC	0.7-4m	0.7-4m	30°-0	HH	MC		X	E-	S-	X	PB/S	V
18	Ray[e] (Smith; Penrod, 2010)	I O	M	US, Light	F, U	VWC	1.7-2.5m	1.7-2.5m	30°-0	HH	MC		X	E-	S-	X	PB/S	AV
19	(Nieto, Padilla; Barrios, 2014)	I O	M	US, GPS	F, O	VWC	0.2-2.5m	0.6-2m	X	HH	MC, SP		X	E-	S-	GPS	PB/S	AV
20	(Vera, Zenteno; Salas, 2014)	I O	M	L, CM	F	VWC	0.3-1.7m	X	X	HH	SP		X	E-	S-	X	X	V

Tabela 3 – Continuação

s. No.	Estudo / Nome do sistema	OE	Sensores			PSU	Faixa de detecção dos sensores			OM	CD	Funcionalidade do sistema				LT	Interação usuário-sistema	
			S/M	T	SF		FR	UR	ACA / AP			OD	R	E	S		I	O
21	(Pyun et al., 2013)	I O	M	US, IR	F-,U-,T,DO	WCH	3.5m	3.5m	X	CM	MC		X	E-	S+	X	PB/S	V
22	HALO (Wang; Kuchen-becker, 2012)	O	S	US	F	WCH	1.83m	X	X	CM	AC		X	E+	S-	X	X	V
23	(Mahmud et al., 2014)	O	M	US, Light, Comp	L-, R-, F	WCB	1.2-2m	X	X	CM	MC		X	E-	S-	X	X	AV
24	(Nada et al., 2015)	I O	M	US, IR, W	F-, U, D	WCH WCB	4m	4m	X	CM	MC		X	E	S	X	X	AV
25	Smart Cane (Wahab et al., 2011)	I O	S	US, W	F, D	WCH	1m	X	X	CM	MC		X	E-	S-	X	X	AV
26	(Okayasu, 2010)	I O	S	US, Cm	F-, U, F	WCH	0.5-5.5m	0.5-5.5m	X	CM	NG		X	E-	S-	X	X	V
27	(Gallo et al., 2010)	I O	M	US, IR	F-, U, F	WCH	5.5m	0.4-1m	X	CM	MC		X	E+	S-	X	X	AV
28	(Kassim et al., 2013)	I O	S	RFID	O	WCB	0.037m	X	X	CM	MC		X	E-	S-	X	RFID	A
29	NavEye (AlAbri et al., 2014)	I O	M	US, Cm, BT	F	WCB	<1m	X	X	CM, HH	MC, SP		X	E-	S-	QR	PB/S	AV
30	(Al-Fahoum, Al-Hmoud & Al-Fraihat, 2013)	I O	S	IR	F,L-,R	VWC	0.1-1.5m	X	X	HH, HM	MC		X	E-	S-	X	PB/S	AV
31	(Mehta, Alim; Kumar, 2017)	I O	S	US	F, D	VWC	0.01-2.2m	0.01-2.2m	0,40° /15°	HH	MC		X	E-	S-	X	PB/S	AV

Tabela 3 – Continuação

s. No.	Estudo / Nome do sistema	OE	Sensores			PSU	Faixa de detecção dos sensores			OM	CD	Funcionalidade do sistema				LT	Interação usuário-sistema	
			S/M	T	SF		FR	UR	ACA / AP			OD	R	E	S		I	O
32	(Khampachua et al., 2016)	I O	M	US, Acc	F, D	VWC	0.2-5m	X	X	HH	MC, SP		X	E-	S-	X	X	AV
33	(O'Brien et al., 2014)	I O	S	US	F, U	WCH	0.2-1m	0.2-1m	X	CM	MC		X	E+	S-	X	X	AV
34	MY 2nd EYE (Kassim et al., 2011)	O	M	IR	F, D, L-, R	WCC	0-1.5m	X	0-30°	CM	MC		X	E-	S-	X	X	V
35	(Rizvi, Asif; Ash-faq, 2017)	I O	M	US, GPS	F	VWC	0.02-4m	0.02-4m	15°/X	HH	MC		X	E-	S-	GPS	X	AV
36	(Saaid, Mohammad; Ali, 2016)	I O	S	US	F, D	WCH	0-2m	0-2m	90°/X	CM	MC		X	E-	S-	X	PB/S	A
37	(Daudpota et al., 2017)	I O	S	US, GPS	F	WCH	0-4m	0-4m	X	CM	MC		X	E-	S-	X	GPS	V
38	(Bernieri, Faramondi; Pascucci, 2015)	I O	M	US, Acc	F	WCH	0.2-4.5m	0.2-4.5m	15°/X	HH	MC		X	E-	S-	X	X	V

Notas:
OE, Operating Environment; Sensors, (S/M, Single/Multiple; T, Sensor Type; SF, Sensor Facing); PSU, Positioning of the Sensory Unit; Sensor Sensing Range, (FR, Front Range; UR, Upward Range (trunk/head level); ACA/AP, Angular Coverage Area/Angular Placement); OM, Operation Mode; CD, Computational Device; System Functionality, (OD, Obstacle Detection; R, Recognition; E, Echolocation; S, Shorelining); LT, Localization Technology; User-System Interaction, (I, Input; O, Output).
[a]http://smartcane.saksham.org/overview/.
[b]http://www.gdp-research.com.au/index.html.
[c]https://www.ultracane.com/about_the_ultracane.
[d]http://www.palmsonar.com/jp/index.html.
[e]Ray—the handy mobility aid!: http://www.caretec.at/Mobility.148.0.html?&cHash=a82f48fd87&detail=3131.
Fonte: Khan et al. 2018.

Tabela 4 – Tecnologias usadas na localização de pessoas cegas e com deficiência visual

Tecnologia	Ambiente operacional	Precisão	Alcançe	Taxa de dados	Frequência	Infraestrutura requerida	Potência	Limitações
RFID	Interno	0.11m	15m	0.000008 – 0.032 mbps	125 Khz – 915 Mhz	RFID tags	Leituras confiáveis. Econômico, com potência suficiente, pode enviar vários tipos de dados	Complexas e caras. Menos memória, curto alcance e leitura lenta de dados passivos
Bluetooth	Interno	2m	22m	1 mbps	2.4 – 2.48 Ghz	Transmissores específicos	Pode transferir dados de voz	Taxa de leitura mais lenta, curta distância, dados lentos
WLAN	Interno	1m	30-50m	40mbps	2.4-5Ghz	WLAN roteadores	Acesso rápido a dados	Precisão posicional flutuante devido a sinais refletidos, questões de privacidade e segurança
UWB (Ultra-Wide Band)	Interno	0.1m	15m	Nada	3.1-10.6Ghz	Transmissores específicos	Baixa potência do que as etiquetas RFID convencionais, fáceis de filtrar devido à curta duração, podem penetrar facilmente através de paredes e outros objetos	Transmissão mais complexa do que a RFID em relação ao reconhecimento e implementação de intervalos de tempo estipulados
NFC (Near Field Communication)	Interno	0.1m	0.2m	0.424mbps	13-56Mhz	NFC tags	Baixo consumo de energia	Curto alcance
Infravermelho	Interno	0.07m	5m	Nada	0.1Hz	Transmissores específicos	Disponível em uma ampla gama de dispositivos	Afetado por interferência de luz, posição da linha de visão

Tabela 4 - Continuação

Tecnologia	Ambiente operacional	Precisão	Alcançe	Taxa de dados	Frequência	Infraestrutura requerida	Potência	Limitações
Vision	Interno e Externo	0.1m	Nada	Nada	3.5Hz	Nada	Pode detectar obstáculos, objetos e pessoas	Sobrecarga computacional, questões de privacidade, menos confiáveis em ambientes em constante mudança, afetadas por várias interferências, como clima, luz, etc.
Magnético	Interno	1-2m	No local	Nada	120 medições / s	Nada	Utiliza os materiais de construção existentes para o posicionamento	Curto alcance
Audição	Interno	0.4m	5m	Nada	100Hz – 20 Khz	Nada	Econômico	A baixa capacidade de penetração é facilmente afetada por outras interferências sonoras
	Externo	≤ 0.4m	3m	Nada	100Hz – 20 Khz	Nada	Econômico	Os sons externos (tráfego, passos, etc.) afetam os ecos provenientes da batida na cana, ou seja, afetam a eco localização.
Ultrassônico	Interno e Externo	0.02m	10-50m	Nada	1-75Hz	Nada	Detecta objetos/ obstáculos próximos e distantes com precisão	Requer linha de visão, a reflexão do sinal causa problemas
GPS/AGPS /DGPS	Externo	1-5m	Global	Nada	20Hz	Nada	Longo alcance/ cobertura	Menos preciso especialmente em áreas urb. com constr. altas

Fonte: Khan *et al.* 2018

2.6.2 Desenvolvimentos mecânicos relacionados à Bengala Branca comum

Lugli *et al.* (2016) apontam que vários projetos tentam melhorar a BB, atendendo as necessidades dos usuários. Tais melhorias são estéticas e promovem a valorização da autoestima, quebrar o paradigma da aceitação social em relação ao cego “deficiente visual”, facilitando a inclusão, principalmente para pessoas que foram privados da visão com idade entre 19 e 65 anos.

De acordo com as autoras, a BB é para o deficiente visual a tecnologia assistiva de maior relevância de uso em seu dia a dia. Contudo, por ser esse dipositivo uma forma de identificação da defificiência visual e todo o estigma que a envolve, em muitos casos, não é aceita pelos potenciais usuário.

Kim *et al*. (2010) em seu estudo realizado para identificar as influências das ponteira nas bengalas e as técnicas utilizadas nas bengalas longas para a detecção dos objetos, de acordo com os testes executados com as ponteiras: *marshmallow* com e sem *roller* (Figura 27) - A ponteira de rolo de *marshmallow* (*Ambutech* MT4090 *Marshmallow Roller Tip*; 46 mm de comprimento, Ø 32 mm de diâmetro, 40 g) e a ponteira de *marshmallow* (*Ambutech* MT4080 *High Mileage Tip;* 35 mm de comprimento, Ø 25 mm de diâmetro, 16 g). Juntamente com as técnicas de utilização de bengalas: de toque em dois pontos e de contato constante, (Figura 28). Com tal estudo, os resultados mostraram que o conjunto formado pela ponteira de *marshmallow* com *roller* (esperada pelos autores como a de menor vantagem) e a técnica de contato constante se mostrou como mais eficaz que o conjunto formado pela ponta de *marshmallow* sem *roller* (esperada pelos autores como mais vantajosa), na detecção de desníveis.

Figura 27 – Ponta do *marshmallow* (esquerda) e ponta com rolo de *marshmallow* (direita). Experimental

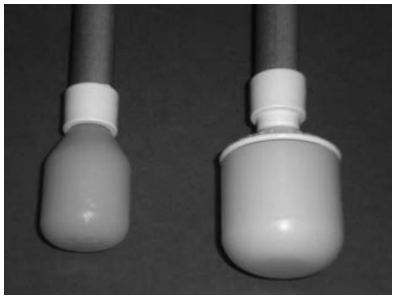


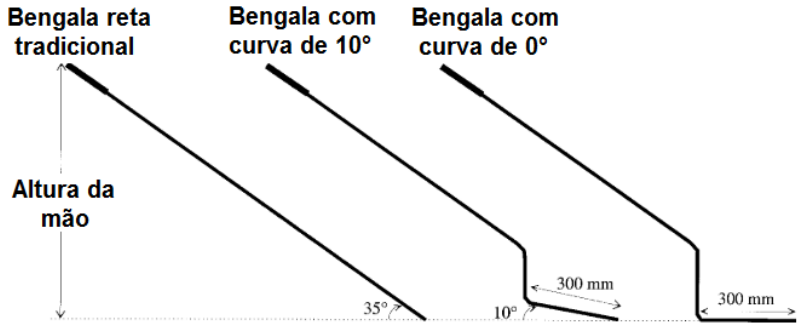
Figura 28 – Detecção de desníveis utilizando tipos diferentes de ponteiras e tipos diferentes de Técnicas de utilização de bengalas



Fonte: Kim e Emerson, 2010

Schellingerhout *et al.* (2014) evidenciam que o deficiente visual está sujeito à riscos enquanto se desloca de um lugar para outro em meio a uma série de obstáculos. Nesse trabalho, os autores propuseram a diminuição do ângulo entre a BB e o solo para aumentar a capacidade de detecção de objetos próximos da superfície mapeada (Figura 29).

Figura 29 – Uma representação diagramática da tradicional Bengala reta, a Bengala curva com 10 ° e a Bengala curva com 0 °



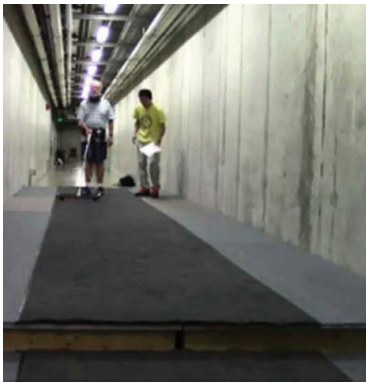
Fonte: Adaptado de Schellingerhout *et al.* 2014

Rizzo *et al.* (2018) utilizando-se de técnicas de mobilidade primária apresenta neste trabalho um teste piloto de um Dispositivo de Mobilidade Adaptável Híbrido (AMD-H) (Figura 30). Este projeto combina características de dois sistemas primários de mobilidade para deficientes visuais, sendo elas: a bengala longa e os Dispositivos de Mobilidade Adaptativa (AMD's), simples e de custo acessível. O desenvolvimento de dispositivos híbridos tenta melhorar mecanicamente a identificação de pequenos objetos e obstáculos ao longo do caminho percorrido (Figura 31).

Figura 30 – Bengala híbrida com asa desdobrada e Bengala Branca comum



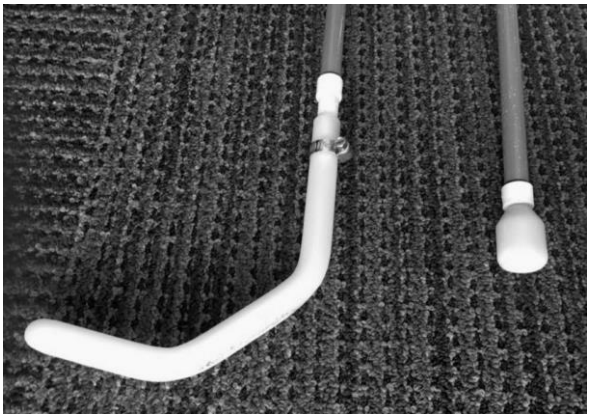
Figura 31 – Bengala Híbrida na identificação de desníveis



Fonte: Rizzo *et al.* 2018

Kim e Emerson (2019) através desse estudo uma nova bengala com proposta de estilo de ponteira (bundu basher)[6] e a sua capacidade de detecção de obstáculos (Figura 32).

Figura 32 – Bico Basu (esquerda) e *marshmallow* (direita)



Fonte: Kim e Emerson, 2019

Rodgers e Emerson (2005) que em seu estudo testou bengalas de diferentes comprimentos e pesos, analisando como esse peso se localiza em relação ao seu comprimento e o tipo de influência que causa em relação ao tempo de utilização.

2.6.3 Análise das aplicações relacionadas

Ao fazer uma análise geral dos artigos apresentados nesse trabalho, é possível destacar alguns pontos importantes:

- Nos trabalhos apresentados, nota-se que a BB comum tem uma hegemonia de longos anos e que os dispositivos que utilizam tecnologias modernas, com um valor acima dos praticados no mercado, ou que fujam muito do padrão de uma BB comum na questão de geometria, não tem boa aceitação entre os deficientes visuais. Devido principalmete ao estigma da cegueira (LUGLI, 2016).

[6] Ponteira curva – tradução do autor.

E a questão do abandono das TA’s tem vários motivos, entre eles: não aceitação da deficiência, depressão, baixa qualidade de alguns produtos, tecnologias que não suprem as necessidades do usuário, falta de participação do indivíduo no processo de desenvolvimento das novas tecnologias, em relação às bengalas a taxa de abandono é de 26% (CRUZ; EMMEL, 2015) .

- O estudo realizado por Kim, Emerson e Curtis (2010) denota que, para identificar as influências das ponteiras nas bengalas e as técnicas utilizadas nas bengalas longas para a detecção dos objetos, fica claro que mais estudos podem ser realizados para desenvolver novas ponteiras que possam propiciar um aumento da capacidade de leitura do terreno percorrido e que transmita com qualidade as informações táteis ao usuário.
- O trabalho apresentado por Santos *et al.* (2010), mostra um projeto promissor de um equipamento eletrônico sensorizado, devido ao custo do material eletrônico empregado (27.27 USD), que é utilizado embarcado a uma bengala telescópica, mas que ainda tem problemas com a questão das baterias, que causa incomodo ao usuário; além disso, uma bengala telescópica pode se recolher inesperadamente, deixando o usuário em situação de insegurança.
- O trabalho apresentado por Schellingerhout *et al.* (2014) para melhorar a detecção de obstáculos através do redesenho de bengalas para cegos, é um exemplo de que a BB pode ser modificada em toda a sua estrutura, a fim de proporcionar benefícios ao deficiente visual, mantendo seu custo na média dos praticados no mercado.
- Da mesma forma, o trabalho apresentado por Lugli (2016) uma bengala customizável para mulheres deficientes visuais, que promovem mudanças estéticas e a valorização da autoestima, facilitando a inclusão, é mais um exemplo de valorização da BB, sem muita alteração em sua estrutura básica de funcionamento.
- Nos estudos apresentados, identificou-se que para uma melhor detecção de objetos, é preferível que, durante o seu balanço lateral, a ponteira da bengala não ultrapasse mais de 5 cm de cada lado do corpo (Kim; Wall Emerson; Naghshineh, 2017). Além disso, identificou-se que para uma melhor detecção de desníveis, uma bengala mais pesada tem maior vantagem sobre uma mais leve (Kim; Wall Emerson; Naghshineh; Auer, 2017). Em relação ao

comprimento da bengala, nota-se maior vantagem com bengalas curtas - determinadas pelo método do esterno - do que com longas – determinadas pela altura do usuário - no quesito de detecção de objetos LaGrow e Long (2011), (Kim *et al.*, 2017).

- O trabalho apresentado por (RIZZO *et al.*, 2018) de uma bengala híbrida, mais uma vez, mostra que ainda há espaço para novas pesquisas e novos desenvolvimentos, simples, mas que podem trazer grandes melhorias na qualidade de vida do usuário sem gerar custos excessivos.
- O trabalho apresentado por Kim e Emerson (2019) em relação a detecção de obstáculos com a bengala longa, o efeito do desenho da ponteira, a modificação da técnica de condução e bengala com a ponta torta, são exemplos de que ainda é possível melhorar a BB comum sem gerar ustos excessivos.
- De acordo com Bhatlawande *et al*. (2014) alguns dos dispositivos eletrônicos que utilizam sensoriamento à laser, "*A Laser Cane for the Blind*", suprem as necessidades dos deficientes visuais, em relação à detecção de obstáculos, mesmo acima da linha da cintura e próximo a cabeça, mas a um custo de (USD 3000). O projeto apresentado pelo autor *Electronic Mobility Cane* – EMC, com dimensões de diâmetro 25 mm, comprimento 1000 mm e peso 0,503 Kg, que consegue identificar obstáculos abaixo da linha da cintura e próximo ao corpo, acima da linha da cintura, com uma taxa 50% maior que a BB, mas com uma velocidade de deslocamento 15% menor. Apesar de ter um custo de (USD 280), ainda é um preço 10 vezes maior que a média dos custos praticados no mercado brasileiro.
- Nos estudos apresentados, fica claro que a ponteira é um dos elementos importantes que compõe a BB, devido ao fato de ser a parte que toca o solo e que constantemente se depara com os obstáculos. Mostram que formas diferentes de ponteiras que aumentam a área de contato com a superfície, permitem um expressivo aumento da capacidade de localização de objetos em relação as ponteiras comuns (SCHELLINGERHOUT; BONGERS; VAN GRINSVEN, SMITSMAN; VAN GALEN, 2001).
- Os ETA’s, que surgiram há mais de oitenta anos atrás, ainda não apresentam desenvolvimento que atendam totalmente os requisitos dos deficientes visuais. Devido a isso, muitos deles optam por utilizar uma BB comum; por esse motivo,

pesquisas relacionadas a uma BB com tecnologia atual e custo próximo da média praticada no mercado, tomam força. Apesar dos desenvolvimentos na área, muito há de ser aprimorado, principalmente em relação as (BB totalmente mecânicas)[7], capazes de realizar um melhor mapeamento da superfície, mantendo a capacidade de transmitir informações táteis confiáveis ao deficiente visual.

[7] Sem nenhuma incorporação de sistemas eletroeletrônicos em qualquer parte da bengala branca. Com montagem e desmontagem manual, que utilize elásticos no interior dos tubos que permitam manter as várias peças da bengala branca unidas, e com pressão nas duas condições. Com sistema de rotação na ponteira capaz de facilitar seu deslocamento sem agarre ao solo.

3 METODOLOGIA

Notando-se a baixa quantidade de desenvolvimentos na área da mecânica, optou-se por focar nesse segmento, desenvolvendo-se uma BB leve, equilibrada, confortável ao uso, precisa, com toque sensível ao solo, que amorteça parte dos impactos e sem agarre.

Após inumeras pesquisas básicas e estratégicas, com objetivo descritivo e exploratória, sob o método hipotético-dedutível, com abordagem quali-quantitativa, realizada com procedimentos bibliográficos e documentais, foi possível finalizar com os testes de laboratórios e testes de campo pelos PP, para validar a usabilidade do desenvolvimento realizado.

3.1 OBJETIVO ESPECÍFICOS

Para atingir o objetivo geral, elencamos os seguintes objetivos específicos:

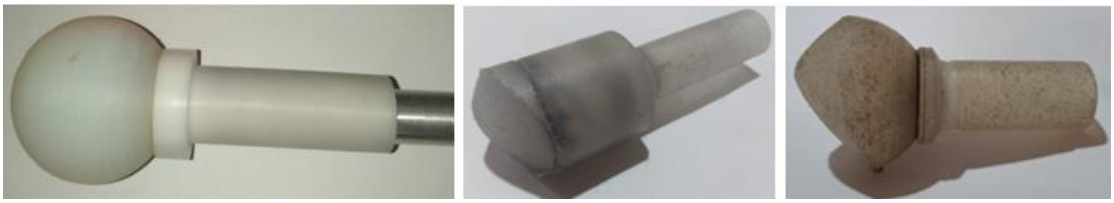
- Adaptar técnicas de conformação dos tubos de alumínio da BB;
- Desenvolver ponteira omnidirecional esférica, com rotações para direita, esquerda, frente e trás e selecionar materiais para a sua fabricação;
- Desenvolver 15 protótipos da BB omnidirecional;
- Realizar aplicação de questionários com os PP;
- Realizar os testes de laboratório com os protótipos fabricados;
- Realizar os testes de campo com os PP;
- Avaliar a eficácia da nova BB.

3.2 PONTEIRA – FOCO DO DESENVOLVIMENTO

Priorizou-se realizar melhorias na ponteira da bengala, ítem que se comporta como interface capaz de trazer as informações da superfície do solo ao deficiente visual, trazendo mais sensibilidade ao toque, maior vida útil, aumentar seu diâmetro para não cair em grelhas de águas pluviais e fabricá-la com tecnologia omnidirecional, evitando o agarre. Não foi encontrado nas bases de pesquisas, trabalhos relacionados ao agarre da ponteira ao solo.

Na Figura 33, apresentamos uma ponteira nova comum de mercado e ponteiras já utilizadas, demonstrando o desgaste irregular devido a mesma possuir somente rolagem para direita e esquerda, favorecendo o agarre; este que, com o tempo de uso, aumenta progressivamente, por conta do aumento da superfície de contato com o solo, afunilando a ponta em forma de flecha, podendo ocasionar o travamento da bengala nos desníveis do solo.

Figura 33 – Ponteira nova sem desgaste à esquerda e ponteiras desgastadas à direita



Fonte: De autoria própria

3.3 PRIMEIRA SELEÇÃO DE RODAS OMNIDIRECIONAIS

Para solucionarmos o problema do agarre, num primeiro momento, foram selecionadas as possíveis rodas omnidirecionais capazes de atender as necessidades do projeto (Figuras 34 a 40).

Figura 34 – Kit com 4 rodas robóticas omnidirecionais Ø82,5 mm – USD 81.00



Fonte: https://quenembanana.com/loja/kit-4-rodas-robotica-omni-direcional-825-cm/ - acesso em 12/10/2021

Figura 35 – Roda omnidirecional 38 mm – 90° - USD 25.00



Fonte: https://www.nefeltech.com/robotica - acesso em 12/10/2021

Figura 36 – Roda sueca 90°



Fonte: http://viaspositronicas.blogspot.com/2008/07/movimentao-omnidirecional.html - acesso em 14/07/2022

Figura 37 – Kit 4 rodas robóticas Vex Mecanum - Ø100 mm – USD 115.00



Fonte: https://quenembanana.com/loja/kit-4-rodas-robotica-vex-mecanum-10-cm/ – acesso em: 12/10/2021

Figura 38 – Roda omni de uso hospitalar – Ø200 mm



Fonte: https://pt.secure-caster.com/OW200-00-01-pd42134925.html - acesso em: 12/10/2021

Figura 39 – Rodas Omni de Ø100 mm de aço inoxidável para Ballbot com furo de 9,54 mm - DZ14183A - USD 130.00



Fonte: https://ozrobotics.com/shop/100mm-stainless-steel-rollers-omni-wheel-for-ball-balance-ballbot-dz14183a-with-9-54mm-hole/ – acesso em: 12/10/2021

Figura 40 – Roda omnidirecional com Ø100 mm – USD 242.00



Fonte: https://www.aliexpress.com/item/32822467364.html – acesso em: 12/10/2021

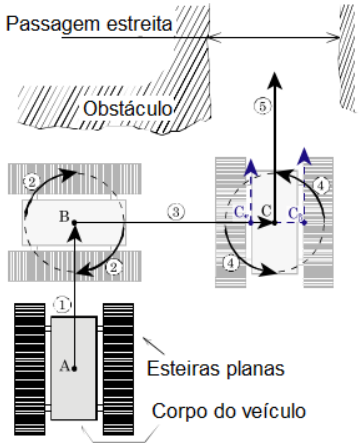
Os modelos de rodas elencados anteriormente não se mostraram viáveis para desenvolver a ponteira omnidirecional, dessa forma. Em um segundo momento, apresenta-se a obra que contribuiu significativamente para o desenvolvimento da BB com ponteira omnidirecional.

Após muitos estudos relacionados à tecnologia omnidirecional, utilizadas em rodas robóticas, finalmente a geometria da ponteira para a bengala se mostrou

adequada através da “Omni-Ball”, base da estrutura mecânica e da esteira omnidirecional empregada em veículos com movimentos omnidirecionais.

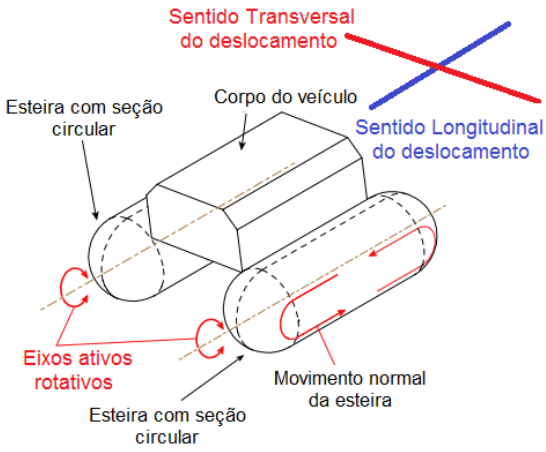
O estudo apresentado por Tadakuma *et al.* (2008) promoveu uma alternativa de deslocamento e transposição de obstáculos para os robôs movidos por esteiras planas, que possuem somente a capacidade de deslocamentos longitudinais e giratórios, com capacidade de superar obstáculos somente no sentido longitudinal (para frente e para trás) (Figura 41); com esta configuração, sua capacidade de deslocamento não é eficaz. A proposta de uma esteira omnidirecional fornece, a esses robôs, deslocamentos transversais (direira e esquerda), além da possibilidade de superação de obstáculos no sentido tranversal (Figura 42).

Figura 41 – Dificuldade para ajustar a posição, entrando em um espaço estreito (vista superior)



Fonte: Adaptado de Tadakuma *et al.* (2008), tradução nossa

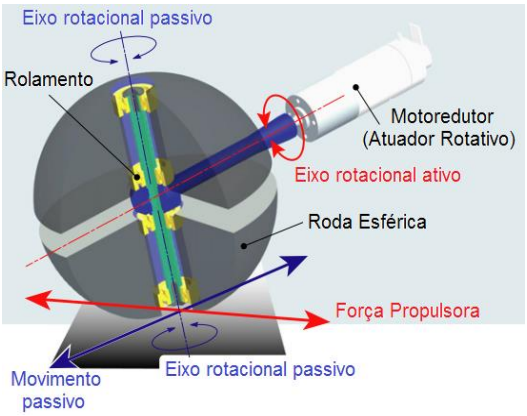
Figura 42 – Esquema Básico do Esteira-Omni com Seção Circular



Fonte: Adaptado de Tadakuma *et al.* (2008), tradução nossa

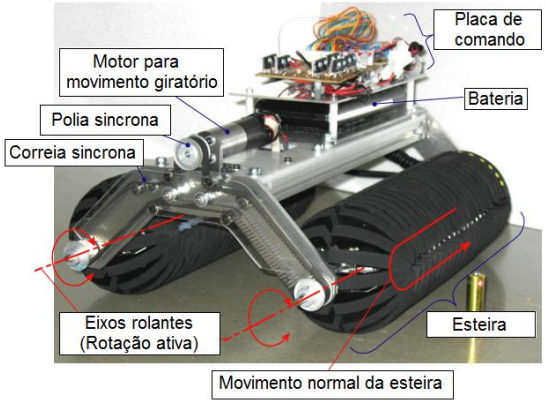
A estrutura básica capaz de tornar possível esse desenvolvimento foi a “Omni-Ball” (Figura 43), uma “roda esférica” que apresenta a possibilidade de movimentos (rolagem) em quatro direções (Figura 44), através do eixo motor que realiza o deslocamento no sentido transversal. As duas calotas da esfera possuem movimentos passivos rotacionais e independentes uma da outra e giram em sentido longitudinal ao eixo motor.

Figura 43 – Estrutura básica da “Omni-Ball”



Fonte: Adaptado de Tadakuma *et al.* (2008), tradução nossa

Figura 44 – Veículo com “Omni-Esteira”



Fonte: Adaptado de Tadakuma *et al.* (2008), tradução nossa

3.4 DEFINIÇÃO DAS METAS A SEREM ATINGIDAS PARA OS PROTÓTIPOS DESENVOLVIDOS – “Omni-Tip”

Para atingir o objetivo de melhorar as características da BB comum, trazendo mais conforto e segurança ao deficiente visual, foram estipuladas algumas metas para os novos protótipos da bengala “Omni-Tip”, assim como processos produtivos e testes de laboratório, apresentados na Tabela 5. Buscando complementar o projeto, realizou-se a avaliação da usabilidade, onde os usuários relataram suas necessidades e anseios, listados no *Brainstorm* (APENDICE 2).

Tabela 5 – Comparação Bengala Branca comum e Bengala Branca “Omni-Tip”

Características da ponteira	**Bengala Branca Comum - Atual**	**Metas Bengala “Omni-Tip”**
Agarre ao solo	Sim	Não
Peso (g)	57	Epoxi (97), Poliuretano (77)
Diâmetro da esfera (mm)	40 mm	47 mm
Cor da esfera	Branca	Vermelha
Dureza *Shore* da esfera	100 D (não flexível)	80 A (flexível)
Material da esfera	*Nylon*	Epóxi e Poliuretano
Fixação na bengala	Externo ao tubo	Interno ao tubo
Substituição	Usuário não consegue	Fácil pelo usuário
Vida útil	1 vida	> 1 vida

Fonte: De autoria própria.

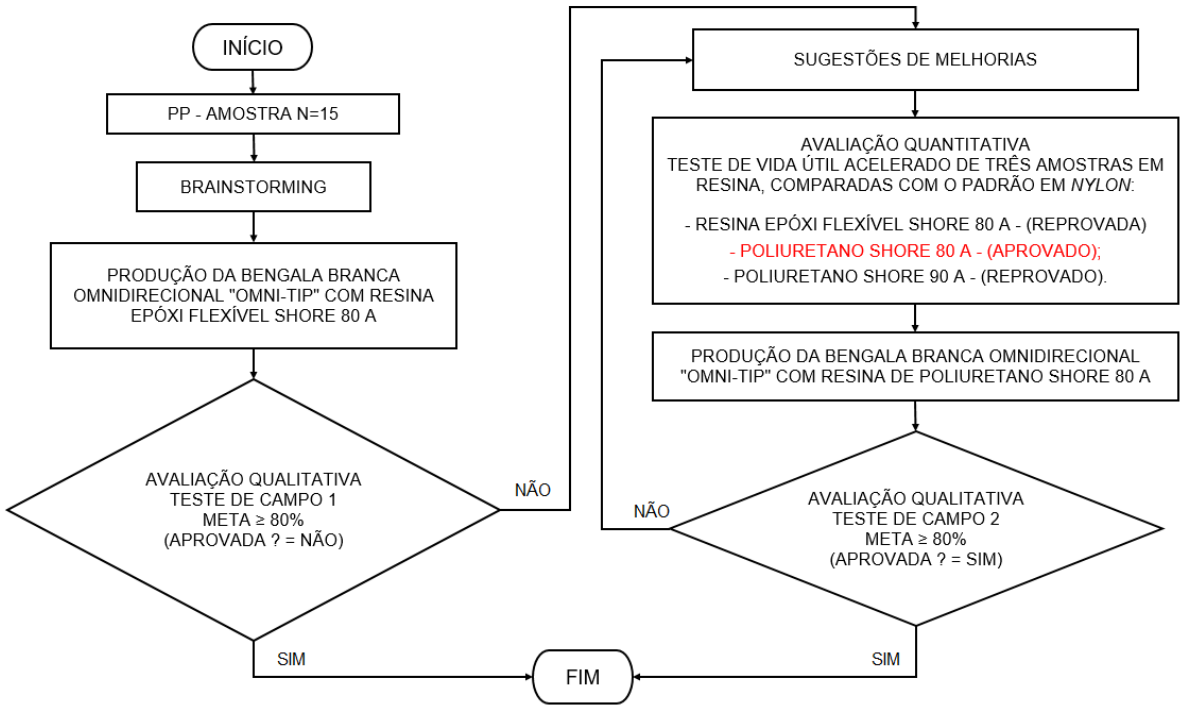
Os protótipos da “Omni-Tip” foram construidos em resina, Epóxi flexivel *Shore* 80 A, Poliuretano *Shore* 80 A e Poliuretano *Shore* 90 A, com propriedades de alta resistência à abrasão e flexibilidade. Por conta disso e por sua tecnologia omnidirecional construtiva, foi verificado que a nova ponteira apresentou: maior capacidade de absorção de impactos, maior resistência a abrasão e maior vida útil, sem diminuir a sensibilidade ao toque; dessa forma, mantendo uma interface fidedigna em relação ao deficiente visual e o solo.

A ponteira “Omni-Tip”, diferente da BB comum, teve sua esfera fabricada na cor vermelha para ser facilmente percebida pelos transeuntes, trazendo maior segurança ao usuário.

3.5 FLUXOGRAMA DAS AVALIAÇÕES, QUANTITATIVAS E QUALITATIVAS

Na Figura 45, é apresentado o Fluxograma da metodologia utilizada nas avaliações do protótipo da ponteira omnidirecional “Omni-Tip”.

Figura 45 – Fluxograma das avaliações



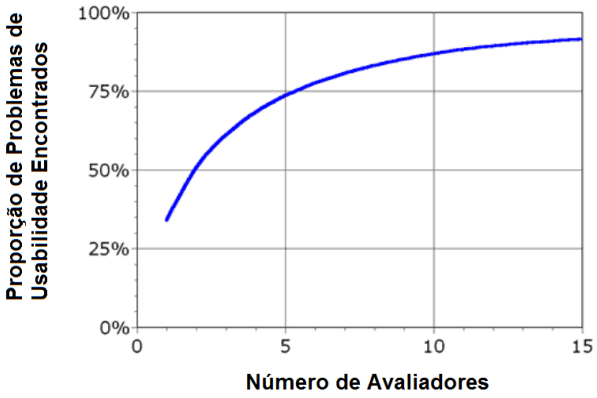
Fonte: De autoria própria

3.5.1 Definição da Amostra n = ?

Para a definição da amostra, o critério utilizado foi a avaliação heurística de Nielsen (1994) que propõe as melhores condições para o custo benefício do estudo, no que diz respeito à quantidade de avaliadores PP. De acordo com a Figura 46, a partir de uma certa quantidade de avaliadores há uma tendência de se encontrar os mesmos tipos de problemas, sendo importante definir a quantidade certa de avaliadores em relação ao nível de porcentagem de usabilidade desejada.

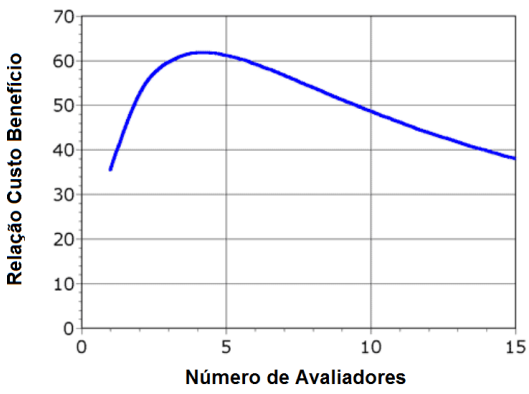
Dessa forma, foi primordial entender que, apesar do demonstrado pela Figura 47, o melhor custo benefício para o estudo seria de se utilizar de 3 a 4 avaliadores, possibilitando a descoberta de 65 a 70% dos problemas de usabilidade. Buscando o descobrimento da maior quantidade de problemas de usabilidade, aumentou-se o número de avaliadores, como demonstrado na Figura 46. Assim, com 15 avaliadores, pode-se encontrar mais de 85% desses problemas, elevando a possibilidade de que usuário pudesse ter em suas mãos um produto de excelência.

Figura 46 – Gráfico da Proporção de Problemas de Usabilidade Encontrados X Números de Avaliadores



Fonte: Nielsen (1994) – Tradução nossa

Figura 47 – Gráfico da relação Custo Benefício X Número de Avaliadores



Fonte: Nielsen (1994) – Tradução nossa

A definição da amostra atendeu a critérios definidos pelos pesquisadores, para que o projeto de pesquisa fosse aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Mogi das Cruzes.

Critério de inclusão: Foram aceitos, para a realização do estudo, PP maiores de idade de 18 até 85 anos, usuários de BB a pelo menos 1 ano com a técnica de contato constante, com perda total ou parcial da visão, que não apresentem doenças sistêmicas ou qualquer outra enfermidade que seja impeditiva para a realização dos procedimentos.

Critério de exclusão: Foram excluídos, do estudo, PP que apresentem dificuldades de locomoção ou que somente se locomovem com guias, PP com insuficiência renal crônica em tratamento dialítico, PP fora da faixa etária determinada, PP com Pressão Arterial (PA) não controlada e PP que, por algum motivo, abandonou o projeto de pesquisa.

Apoiados nessas bases, foi definida a amostra (n = 15), quinze PP, sendo 2 (dois) com baixa visão, 12 (doze) com perda total da visão e 1 (um) com perda total da visão e baixa audição.

O procedimento para a avaliação da usabilidade da nova bengala omnidirecional proposta nesse projeto, está elencada no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – TCLE (APENDICE 1), dividido em três fases, apresentadas a seguir.

3.5.2 Fase 1 – *Brainstorming*

Elencado no (APENDICE 2) e aplicado em uma reunião com os PP, juntamente com a profissional de (O&M), reuniu as informações necessárias para balizar as melhorias a serem implementadas ao novo protótipo a ser desenvolvido.

3.5.3 Fase 2 – Avaliação Quantitativa – Teste de Vida Útil Acelerado

Este teste foi realizado no Laboratório de Usinagem do Instituto Federal de Guarulhos, onde foram comparadas 3 (três) ponteiras com os seguintes materiais: (Resina Epóxi *Shore* 80 A, Resina de Poliuretano *Shore* 80 A e Resina de Poliuretano *Shore* 90 A), com 3 (três) ponteiras padrão de mercado em *Nylon Shore* 80 D.

As ponteiras foram submetidas aos testes sempre aos pares, sendo uma padrão e outra “Omni-Tip”. Após três baterias de testes, as 6 (seis) ponteiras foram avaliadas quanto a forma do desgaste e sua perda de massa.

A duração dos testes foi definida pela pior situação da ponteira padrão, quando a mesma tem sua esfera afunilada em forma de flecha durante o processo de abrasão.

Uma esteira ergométrica adaptada com comprimento de 1,90 m e largura de 1,20 m foi utilizada para realizar o teste acelerado de vida útil nas ponteiras das bengalas (brancas e “Omni-Tip”), com lixas coladas em seu pano (capota marítima). A esteira trabalhou com Velocidade Periférica (V_P) de 0,63 m/s (2,27 Km/h), porém, para determinar somente a quantidade de massa perdida, durante o processo, a rotação da esteira não foi relevante (Figura 48).

No pano da esteira foram colados 2 tipos de lixas intercaladas, ambas da Norton, cinta de lixa R821 Zircônio grão 36 e cinta de lixa W427 Carbeto de Silício P120.

Para a fabricação das ponteiras omnidirecionais, foram utilizadas: resina epóxi flexível 2220 e seu endurecedor 3154, da Redelease[8], misturada na proporção 2 (dois) para 1 (um) em massa, mais corante na cor vermelha e logo em seguida uma cura de cura de 24 h para *Shore* 80 A;

A resina de Poliuretano, adquirida da JN-Poliuretano[9], misturada na proporção 7 (sete) para 1 (um) em massa, mais corante vermelho, cura de 3 h para *Shore* 80 A e *Shore* 90 A.

Utilizou-se a técnica de contato constante durante o teste: as bengalas foram movimentadas em arco, da direita para a esquerda e vice versa com ângulo comprometido entre 90° e 180°.

[8] https://www.redelease.com.br/resina-epoxi-flexivel-com-endurecedor-01-kg.html, acessado 14/10
[9] https://jnpoliuretano.com.br/ - acessada 14/10

Figura 48 – Movimentação em arco das bengalas



Fonte: De própria autoria

Essa movimentação foi realizada com o auxílio de atuadores pneumáticos: as válvulas direcionais e o sistema rotativo converteram os movimentos retilíneos dos atuadores em movimentos oscilatórios rotativos (Figura 49).

Figura 49 – Sistema de conversão dos movimentos dos atuadores: linear para rotativo



Fonte: De própria autoria

Com esse teste, efetuou-se a comparação da vida útil das ponteiras, esférica com Ø 40 mm comum de mercado em *Nylon* e das ponteiras propostas por este projeto, a “Omni-Tip” em Poliuretano *Shore* 80 A, Poliuretano *Shore* 90 A e Resina Epóxi *Shore* 80 A, as três com com Ø 47 mm.

As duas bengalas foram acopladas simultaneaneamente, lado a lado ao sistema de giro, mantendo-se de acordo com Kim *et al.* (2016) um ângulo de aproximadamente 43° do corpo da bengala em relação ao pano da esteira.

A esteira utilizada para simular o caminhar para frente do deficiente visual, precisou ter o sentido da sua rotação invertida, pois o agarre existente na BB comum

não permitiu que o teste fosse iniciado, se prendendo ao pano da esteira. Demonstrou, logo de início, a vantagem da omnidirecionalidade da bengala desenvolvida nesse projeto, a “Omni-Tip”.

3.5.4 Fase 2 – Avaliação Qualitativa – Teste de Campo

O teste de campo teve seu trajeto e duração determinado pela especialista em O&M - (APENDICE 1), para que os PP pudessem ter parâmetros para avaliar a nova bengala omnidirecional “Omni-Tip”, proposta nesse projeto.

O trajeto sugerido, a princípio, foi o próprio quarteirão circundante da Subsecretaria de Acessibilidade e Inclusão – SAI, de Guarulhos, que atende às condições de acessibilidade da Norma ABNT – 9050 – 2020, e trajetos percorridos pelos PP, próximos as suas residências. O tempo determinado do teste foi de três (3) meses, sempre acompanhado por um especialista em O&M.

Durante os testes de campo, foram respeitadas as velocidades de caminhada de cada participante de pesquisa, com uma média de 3,3 km/h (0,92 m/s), abaixo das velocidades estabelecidas pelos autores citados na (Tabela 1); contudo, segundo Fukuchi *et al.* (2019, p. 8) em seu estudo com bengalas brancas comuns, identificou que, indivíduos patológicos tendem a andar mais devagar, sendo assim perfeitamente aceitável.

3.5.5 Fase 3 – Avaliação Qualitativa – Meta de Usabilidade ≥ 80%

Nesta fase elencada do TCLE, foi empregado um questionário com base no *System Usability Scale* (SUS), método criado por John Brooke em 1986, desde então muito utilizado para avaliar a usabilidade de produtos (APENDICE 3).

Para este método, utilizou-se de uma pontuação atribuída à escala de Likert (1938), sendo que: acima de 90 pontos o produto se mostra com a melhor usabilidade possível, de 80 a 90 pontos o produto se mostra com uma excelente usabilidade, de 70 a 80 pontos o produto se mostra com boa usabilidade, 60 a 70 pontos o produto se mostra de usabilidade mediana e se obtiver uma pontuação abaixo de 60 o produto se mostra inaceitável.

Esse método maduro já é bastante utilizado e aceito pela comunidade científica e estabelece um índice 68 pontos como uma média de referência.

O questionário para a avaliação da usabilidade conta com 10 questões, divididas em pares e ímpares, que foram contabilizadas de acordo com Padrini-Andrade *et al*. (2019), sendo que: as questões terão cinco possibilidade de escolha (5 - concordo plenamente, 4 - concordo, 3 - nem concordo, nem discordo, 2 - discordo e 1 - discordo plenamente), com pontuação de 1 a 5. Ao final das pontuações, é gerado um único número que indicou a pontuação do SUS. Para a contabilização da contribuição individual de cada questão, foi utilizada a seguinte metodologia: para as questões ímpares (1,3,5,7 e 9) pontuação individual menos 1 e para as questões pares (2,4,6,8 e,10) nota 5, menos a nota recebida.

Definiu-se como meta para esse projeto uma usabilidade ≥ 80 %, para que o mesmo possa ser considerado como de excelente usabilidade, ou como de melhor usabilidade possível.

O questionário para avaliar a usabilidade do produto apresentam as questões abaixo:

1 – Eu acho que gostaria de usar essa nova bengala branca OMNI com frequência.

2 – Eu acho a bengala branca OMNI desnecessariamente complexa.

3 – Eu achei a nova bengala branca OMNI fácil de usar.

4 – Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar a nova bengala branca OMNI.

5 – Eu acho que as várias partes da nova bengala branca OMNI estão muito bem elaboradas.

6 – Eu acho que a nova bengala branca OMNI apresenta muita inconsistência.

7 – Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar a nova bengala branca OMNI rapidamente.

8 – Eu achei a nova bengala branca OMNI atrapalhada de usar.

9 – Eu me senti confiante ao usar a nova bengala branca OMNI.

10 – Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar a nova bengala branca OMNI.

Exemplo dos cálculos para determinar os valores de somatória das respostas ímpares, pares e Likert das questões, levando em consideração o Participante de Pesquisa 1:

PP-1	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
	4	1	5	1	3	3	5	1	3	1

Questões ímpares = (4-1) + (5-1) + (3-1) + (5-1) + (3-1) = 3+4+2+4+2 = 15

Questões pares = (5-1) + (5-1) + (5-3) + (5-1) + (5-1) = 4+4+2+4+4 = 18

Expressão: soma das questões * 2,5 = (15 + 18) * 2,5 = 83 pontos ou 83%.

4 RESULTADOS / DISCUSSÃO

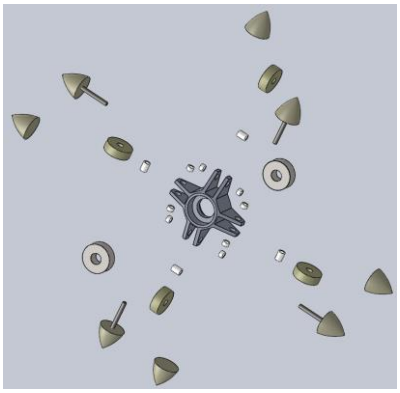
4.1 PRIMEIRO PROJETO – RODA SUECA.

Optamos por iniciar o desenvolvimento com uma roda omnidirecional sueca a 90°, pois a mesma pode ter a sua estrutura principal usinada, o que nos favorecia devido ao acesso ao Laboratório de Usinagem do Instituto Federal de São Paulo – Guarulhos.

Este projeto foi desenvolvido em software de CAD (*Computer Aided Design*), mais especificamente no *SolidWorks* – versão – 2016, as peças que compõem o projeto foram executadas em 3D (Figuras 50, 51, 52 e 53), possibilitando assim a montagem e análise de interferências do conjunto de forma virtual, com custo aproximado de (16.00 USD) com 160g, somente da ponteira.

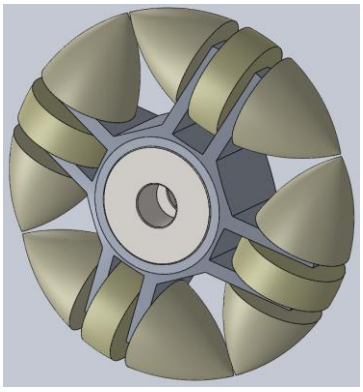
- Desenvolvimento – projeto em *SolidWorks* – 2016

Figura 50 – Vista explodida com os componentes da cruzeta



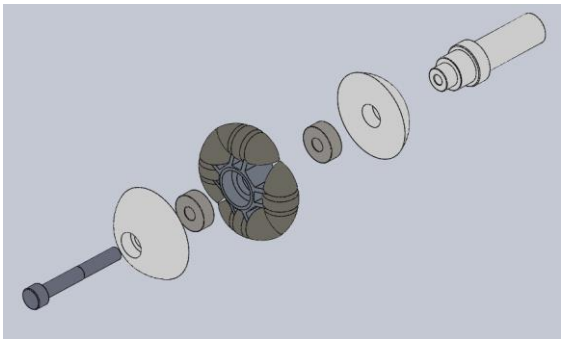
Fonte: De própria autoria

Figura 51 – Cruzeta montada



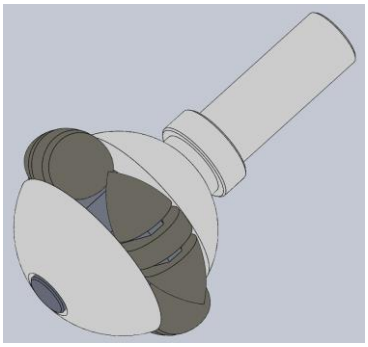
Fonte: De própria autoria

Figura 52 – Vista explodida da montagem geral



Fonte: De própria autoria

Figura 53 – Ponteira montada



Fonte: De própria autoria

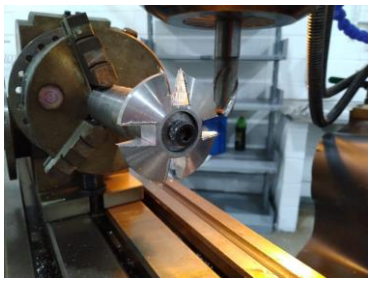
- Execução – a cruzeta em alumínio foi usinada em máquinas operatrizes convencionais, torno mecânico universal e fresadora ferramenteira (Figuras 54, 55 e 56).

Figura 54 – Cruzeta em alumínio, usinada em torno mecânico universal



Fonte: De própria autoria

Figura 55 – Cruzeta em alumínio, sendo usinada em fresadora ferramenteira



Fonte: De própria autoria

Figura 56 – Cruzeta em alumínio, finalizada



Fonte: De própria autoria

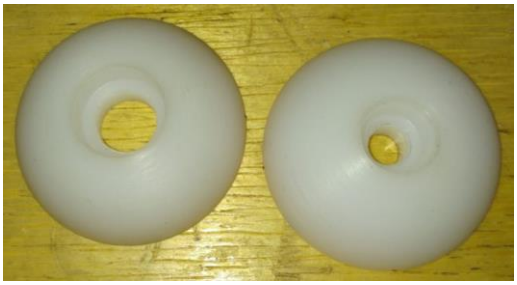
- O conector bengala/ponteira e as semiesferas, ambos em *Nylon*, foram usinados no torno mecânico universal (Figura 57 e 58).

Figura 57 – Conector bengala/ponteira em *nylon*, usinado em torno mecânico universal



Fonte: De própria autoria

Figura 58 – Semiesferas anterior e posterior aos roletes em *nylon*, usinadas em torno mecânico universal



Fonte: De própria autoria

- Os roletes – parte central e pontas – foram fabricados em resina de Poliuretano Shore 80 A, pelo processo de modelação em molde de borracha de silicone, sendo que o molde bipartido do rolete central possui contra molde de alumínio (Figuras 59, 60, 61, 62, 63 e 64).

Figura 59 – Contra molde em alumínio e molde em borracha de silicone para parte intermediária do rolete



Fonte: De própria autoria

Figura 60 – Peças retidas do molde sem os canais de injeção e respiros



Fonte: De própria autoria

Figura 61 – Molde em borracha de silicone para fazer as pontas dos roletes, apresenta os canais de injeção e respiro



Fonte: De própria autoria

Figura 62 – Molde em borracha de silicone fechado e envasado com resina de poliuretano



Fonte: De própria autoria

Figura 63 – Molde de silicone aberto, depois da cura da resina de poliuretano



Fonte: De própria autoria

Figura 64 – Peça acabada

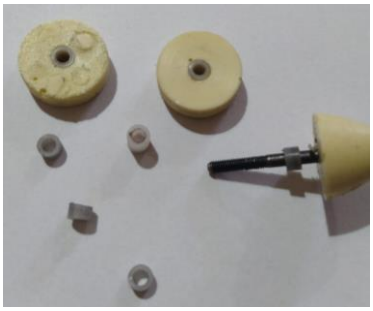


Fonte: De própria autoria

- As buchas[10] dos roletes foram fabricadas em *Poliacetal* no torno mecânico universal (Figura 65) e nas (Figuras 66 e 67), pode-se verificar o processo de montagem do conjunto da cruzeta com seus roletes e a ponteira completamente montada, respectivamente.

[10] Mancais de deslizamento são constituídos de uma bucha fixa em um suporte. São amplamente utilizados em máquinas pesadas e, também, em equipamentos de baixa rotação, pois este tipo mancal possui atrito elevado. Principalmente quando comparado com os outros mancais e em altas rotações superaqueceria. Portanto, são simples de montar e desmontar. Dessa forma apresentam vida útil prolongada se respeitados os ciclos de lubrificação, limpeza e alinhamento.

Figura 65 – Buchas em poliacetal, usinadas em torno mecânico



Fonte: De própria autoria

Figura 66 – Cruzeta montada com os roletes em poliuretano dureza, *Shore* 70 A



Fonte: De própria autoria

Figura 67 – Ponteira completa



Fonte: De própria autoria

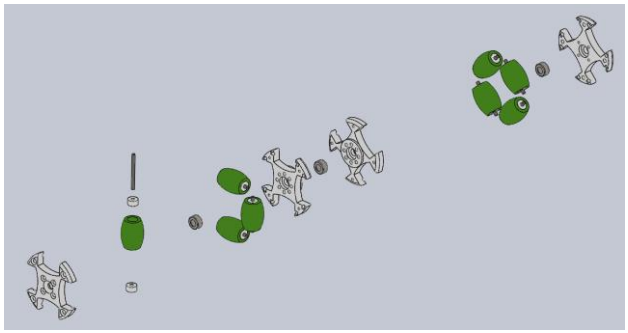
- Considerações: A forma construtiva desse projeto não se mostrou satisfatória, pois possui muitas peças; seu diâmetro externo de Ø 70 mm ficou exagerado (opinião de um deficiente visual), a fixação de uma das pontas do rolete não foi eficaz, o que causou afrouxamento do sistema, causando travamento da rotação de alguns roletes. Por ser utilizado em contato com o solo, apresenta muitas frestas que podem acumular sujeiras e seu peso ficou elevado comparado com as ponteiras esféricas comum de mercado.

4.2 SEGUNDO PROJETO – RODA OMNIDIRECIONAL, COM VÁRIAS PEÇAS MONTADAS EM CAMADAS.

- Desenvolvimento – projeto em *SolidWorks* – versão – 2016.

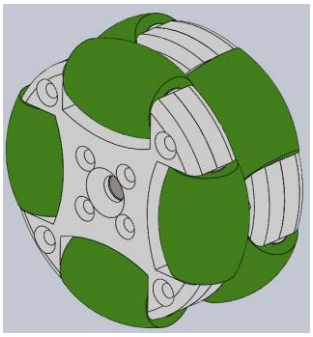
Nesse desenvolvimento, optamos pela impressão 3D das peças centrais que suportam os roletes e mantêm o conjunto montado, pois sua geometria é de difícil fabricação em máquinas operatrizes convencionais. Selecionamos como material para a impressão o Poliácido Láctico (PLA) que é um polímero feito a partir de recursos renováveis, a um custo aproximado de (13 USD), com 120 g, somente da ponteira (Figuras 68 a 72).

Figura 68 – Conjunto em vista explodida



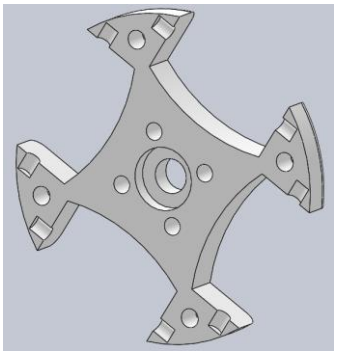
Fonte: De própria autoria

Figura 69 – Roda Omnidirecional montada



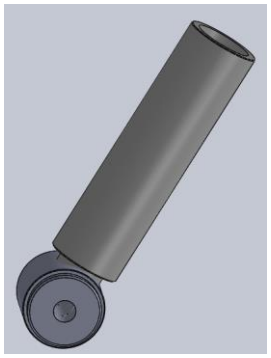
Fonte: De própria autoria

Figura 70 – Uma das 4 peças centrais, (suporte dos roletes)



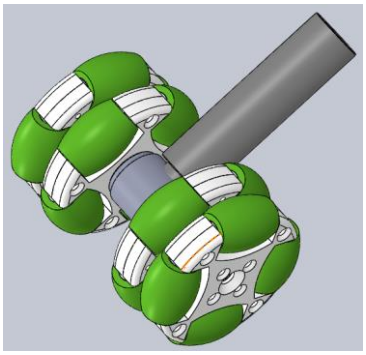
Fonte: De própria autoria

Figura 71 – Conector ponteira – bengala



Fonte: De própria autoria

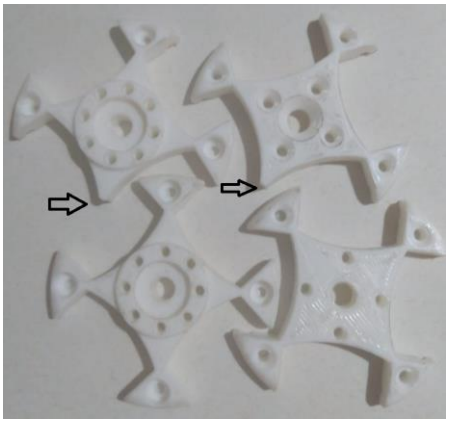
Figura 72 – Ponteira Omnidirecional, montada



Fonte: De própria autoria

Esse projeto foi interrompido devido a fragilidade das peças com partes muito finas que se quebravam com facilidade (Figura 73).

Figura 73 – Peças fabricadas em impressora 3D com geometria que compromete a resistência mecânica do produto



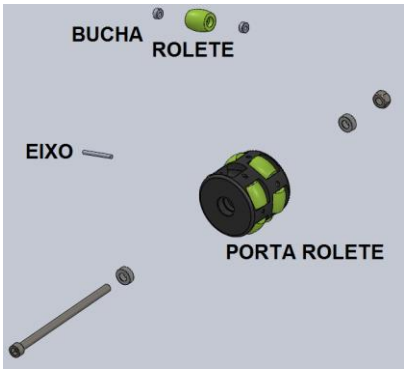
Fonte: De própria autoria

- Considerações: Devido as configurações geométricas desse projeto, verificou-se que o mesmo não possuia em pontos importantes a resistência mecânica suficiente para suportar os esforços nos roletes. Como este conjunto será submetido a impactos durante o seu uso, este projeto foi interrompido.

4.3 TERCEIRO PROJETO – RODA OMNIDIRECIONAL, FABRICADA EM IMPRESSORA 3D EM UM ÚNICO BLOCO.

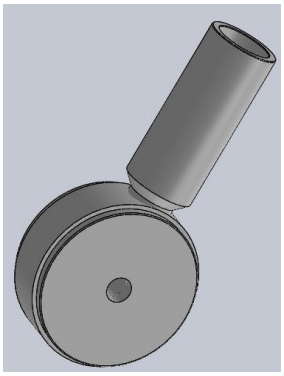
- Desenvolvimento – projeto em *SolidWorks* – versão – 2016 (Figuras 74 a 78).

Figura 74 – Vista explodida do porta roletes, de uma roda omnidirecional



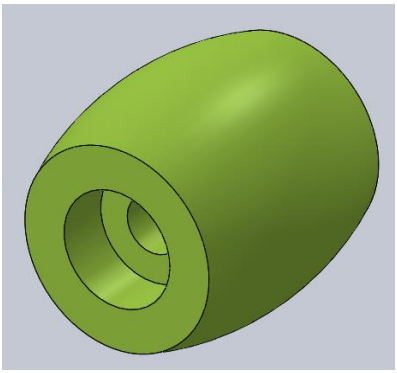
Fonte: De própria autoria

Figura 75 – Conector ponteira – bengala



Fonte: De própria autoria

Figura 76 – Rolete em resina de Poliuretano



Fonte: De própria autoria

Figura 77 – Roda omnidirecional montada – porta roletes, eixo, buchas e roletes



Fonte: De própria autoria

Figura 78 – Ponteira omnidirecional montada

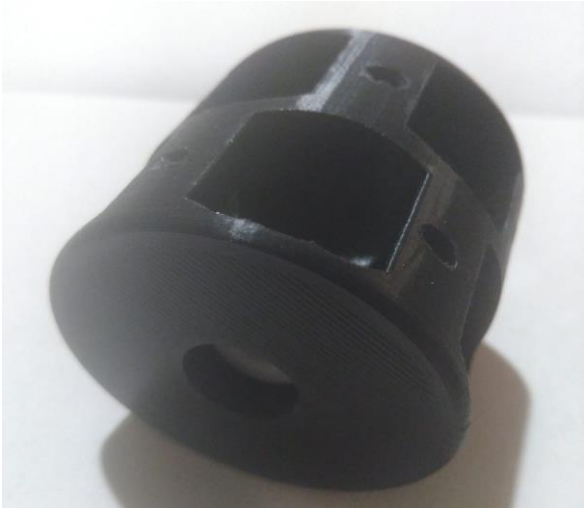


Fonte: De própria autoria

- Porta roletes – optamos por fabricar sua estrutura pelo processo de impressão 3D, pois a geometria da peça não favorece a usinagem em máquinas operatrizes convencionais (Figura 79).

Este conjunto é responsável por suportar os roletes, e, quando montada, dá origem á roda Omnidirecional, fabricada por impressão 3D com PLA. Seu custo de fabricação é de USD 7,20.

Figura 79 – Porta roletes sem os roletes, fabricada na impressora 3D, em PLA



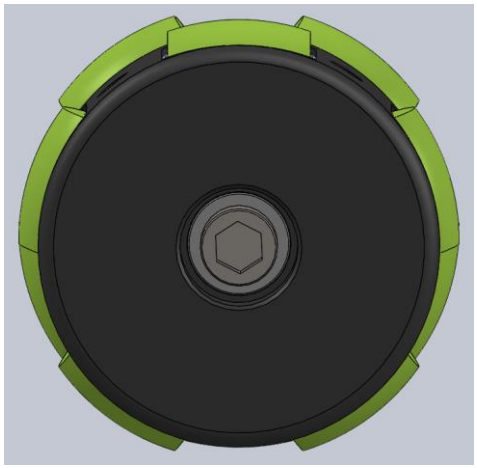
Fonte: De própria autoria

No decorrer desse desenvolvimento, identificou-se quatro características fundamentais que se relacionam entre si, na constituição da geometria da roda omnidirecional, quando bem dimensionadas, promovem um melhor desempenho do produto.

- Primeira característica – diâmetro dos roletes, que irão proporcionar maior vida útil da roda omnidirecional: um maior diâmetro proporciona uma maior vida útil;

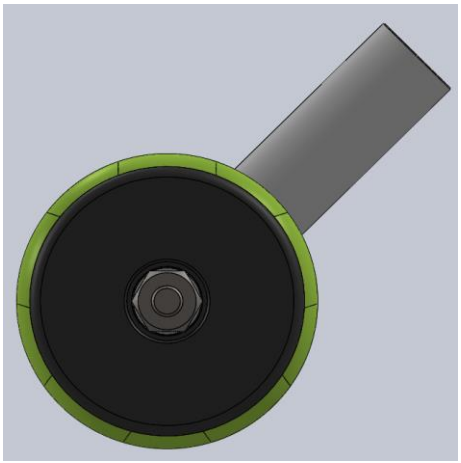
- Segunda característica – transpasse, medida excedida em comprimento entre os espaços vazios de uma e a outra fileira de roletes do mesmo porta roletes: quanto maior for o transpasse menor será a vibração sentida pelo usuário ao rolar a roda no solo (Figuras 80 e 81).

Figura 80 – Vista mostrando o transpasse de material do término de um rolete para o início do próximo, para que os roletes sempre estejam em contato com o solo



Fonte: De própria autoria

Figura 81 – Vista lateral, evidenciando a continuidade da circunferência, responsável para não haver vibrações ao rolar pelo solo



Fonte: De própria autoria

- Terceira característica – proximidade do encontro dos cantos dos roletes na parte interna do porta roletes.

- Quarta característica – Diâmetro total da roda omnidirecional Ø 57 mm; cuidou-se para mantê-lo próximo do diâmetro de Ø 40 mm que é a medida da ponteira de esfera comum, próximo das medidas do rolo de *marshmallow* (*Ambutech* MT4090 *Marshmallow Roller Tip*; 46 mm de comprimento, 32 mm de diâmetro, 40 g), ver (Figura 27 – lado direito), (KIM *et al*., 2010a).

Após o projeto em *SolidWorks* – versão – 2016, com as melhores configurações, iniciou-se o processo de fabricação das peças:

- Conector ponteira-bengala – responsável pela conexão entre a ponteira e a bengala (Figura 82), sendo que a espiga que encaixa na bengala foi fabricado em Poliacetal[11] e a parte espaçadora das rodas omnidirecionais foi fabricada em *Nylon*, ambas em torno mecânico universal.

- Rolete – peça que se manterá em contato com o solo durante todo o percurso, responsável por levar informações sensoriais ao deficiente visual, facilitando a identificação das condições caminho (Figura 83). Foi fabricado em resina de

[11] https://www.plastireal.com.br/

Poliuretano (CPA Brasil – resinas vegetais)[12], resina bicomponente na proporção de 1,0 A para 0,63 B em massa, vertido em molde de borracha de silicone (Siqmol 6014 da Siqplás)[13], utilizando 3% de catalizador na mistura;

Figura 82 – Conector – ponteira – Bengala, peças usinadas em torno mecânico em *Nylon* e Poliacetal



Fonte: De própria autoria

Figura 83 – Rolete executado em molde com resina de Poliuretano



Fonte: De própria autoria

Para a reprodução dos roletes, através do processo de modelação, foi necessário a produção inicial de um modelo em resina (Figura 84) e contra moldes bipartidos em alumínio (Figuras 85 e 86).

Figura 84 – Modelo com sobre material para cópia dos roletes



Fonte: De própria autoria

Figura 85 – Contra molde e tampa, prontos para receberem a borracha de silicone para formar o molde



Fonte: De própria autoria

Figura 86 – Cavidade do contra molde



Fonte: De própria autoria

[12] https://www.cpa-brasil.com/
[13] https://www.siquiplas.com.br/

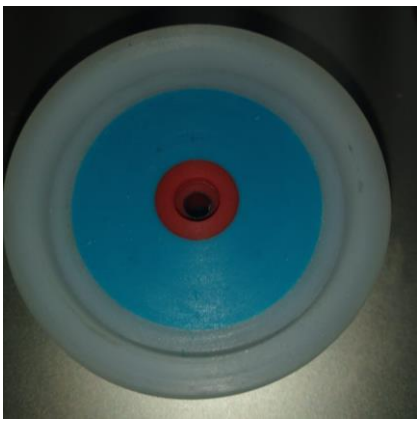
Para a produção do roletes pelo processo de modelação, utilizamos o seguinte método: após colocar o modelo no contra molde bipartido e fechá-lo, bastou vazar o silicone (Figura 87) no molde para que o mesmo envolve-se o modelo (Figura 88).

Figura 87 – Borracha de Silicone



Fonte: De própria autoria

Figura 88 – Molde aberto depois da cura da borracha de Silicone, ainda com o modelo



Fonte: De própria autoria

Após um período de 24 horas, o tempo de cura do silicone, abrimos o molde para ter acesso a cavidade impressa na borracha de silicone, onde serão produzidos os roletes em resina de Poliuretano (Figura 89).

Na Figura 90, apresenta-se os roletes fabricados pelo processo de modelação.

Figura 89 – Molde sem o modelo, pronto para iniciar as cópias, detalhe da cavidade



Fonte: De própria autoria

Figura 90 – Cópias fabricadas em resina de poliuretano



Fonte: De própria autoria

Após o processo de montagem das várias peças do conjunto da ponteira omnidirecional, pode-se observar a ponteira montada, com custo aproximado de (22.00 USD), e peso de 226 g, somente da ponteira (Figura 91).

Figura 91 – Ponteira montada na bengala



Fonte: De própria autoria

- Considerações: a forma construtiva desse projeto não se mostrou satisfatória, pois além de possuir muitas peças, esse modelo de roda omnidirecional trabalha aos pares, apoiando pelo menos dois roletes no solo com uma distância considerada para manter o equilíbrio da ponteira.

Com isso, o conjunto precisou ficar com uma largura de 110 mm com diâmetro externo de Ø 57 mm, assumindo uma proporção exagerada em relação à uma ponteira esférica de Ø 40 mm. A resina de poliuretano utilizada capta muita sujeira do solo, a forma geométrica do conjunto apresenta muitas frestas onde pode-se acumular sujeira, seu peso ficou inapropriado que pode causar esforço extra no braço e ante braço, o nível de ruído durante seu rolamento no solo é grande e pode atrapalhar a audição do deficiente visual - sentido muito usado por ele durante a caminhada. Além disso, o custo total do projeto fora elevado, pois conta com peças que foram fabricadas

em impressoras 3D, além de possuir uma configuração geométrica que destoa de uma BB comum, o que pode gerar um desconforto ao usuário, observação: esse projeto não foi testado por destoar muito da geometria de uma ponteira comum.

4.4 QUARTO PROJETO – “Omni-Tip”.

- Desenvolvimento – projeto em *SolidWorks* – versão – 2016

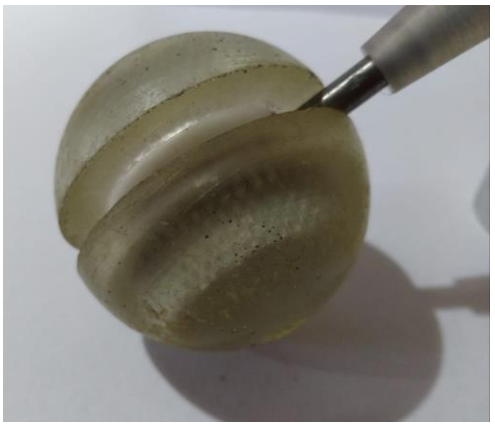
Nesse desenvolvimento, utilizou-se toda a experiência adquirida dos projetos anteriores, para poder solucionar as dificuldades identificadas e assim chegar a um produto mais eficaz. A possibilidade de uma nova geometria, nesse projeto, teve como base a “Omni-Ball”, conhecida através do estudo de Tadakuma *et al.* (2008)**.** Pode-se observer o primeiro protótipo da ponteira omnidirecional, a “Omni-Tip”, nas Figuras 92 e 93.

Figura 92 – “Omni-Ball” – Base do projeto



Fonte: https://youtu.be/BTp2UAaihaI

Figura 93 – Protótipo da nova “Omni-Tip”

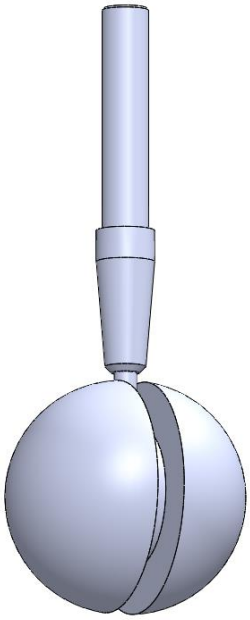


Fonte: De própria autoria

Com essa nova proposta, podemos fabricá-la em máquinas operatrizes convencionais e pelo processo de modelação, reduzindo assim seu custo de fabricação, a quantidade de peças que compõem o conjunto mecânico e causando a diminuição de sua massa (Figuras 94 e 95)

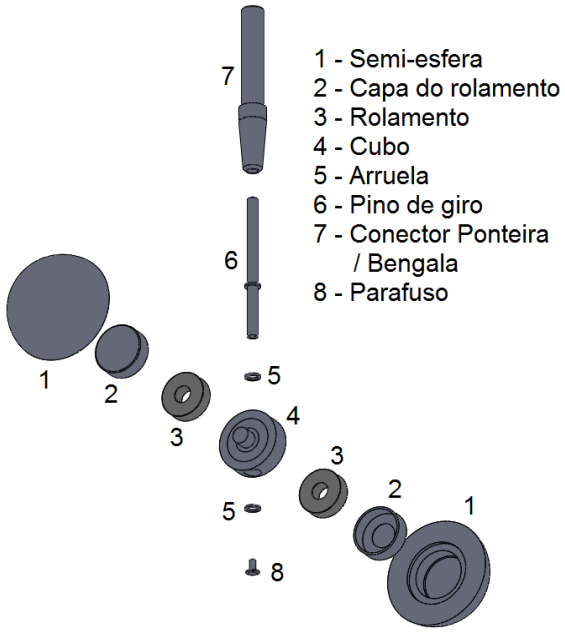
Após o processo de montagem das várias peças do conjunto da ponteira omnidirecional, pode-se observar a ponteira montada, com custo aproximado de (15 USD), e peso de 96 g, somente da ponteira (Figura 93).

Figura 94 – Ponteira “Omni-Tip” montada



Fonte: De própria autoria

Figura 95 – Ponteira “Omni-Tip” em vista explodida

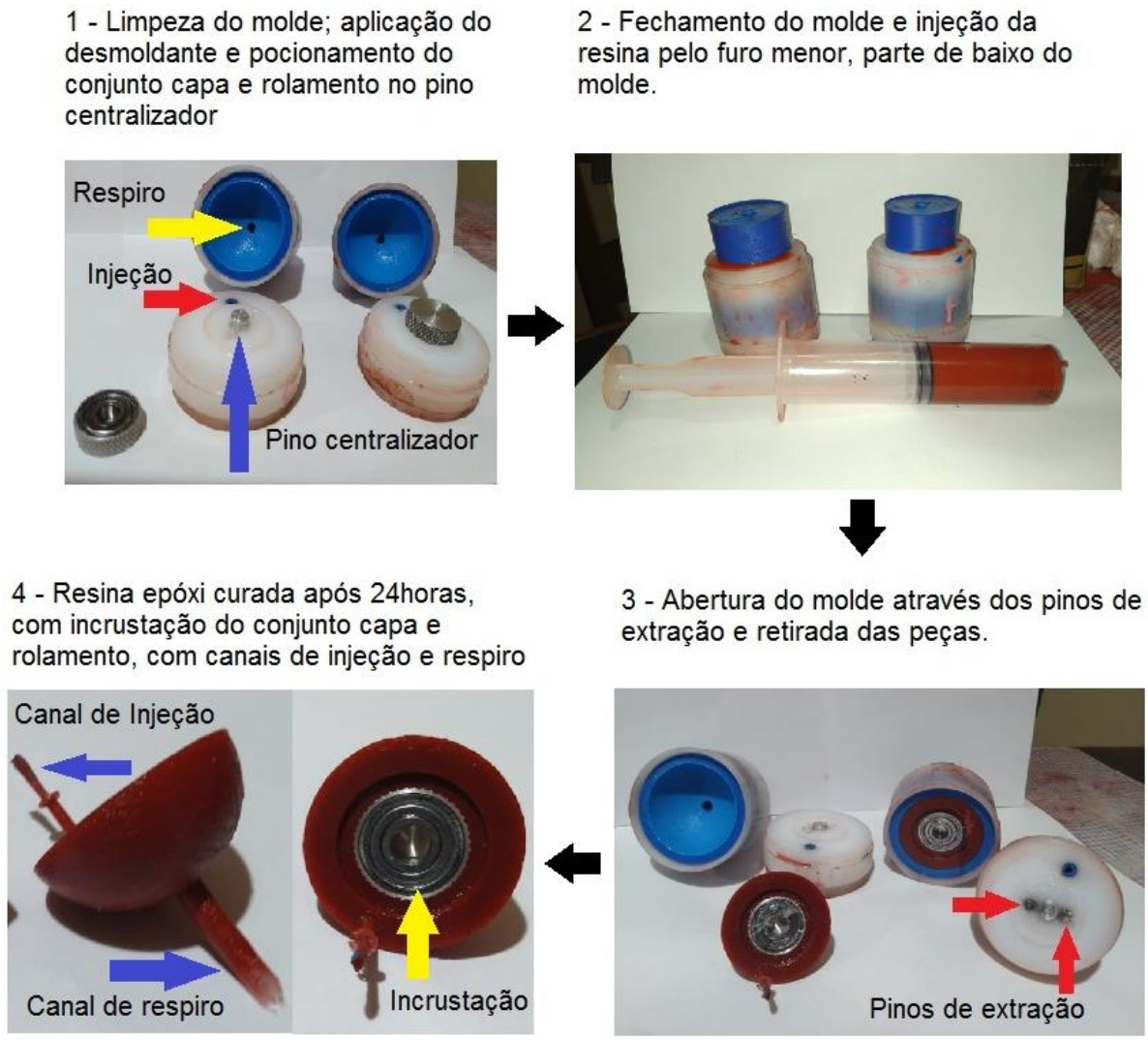


Fonte: De própria autoria

Após o projeto em *SolidWorks 2016*, com as melhores configurações, iniciou-se o processo de fabricação das peças:

- Semiesferas – fabricadas com resina epoxi SQ-2220 e endurecedor epoxi SQ-3154, ambos da Redelease, em molde de borracha de silicone (Siqmol 6014 da Siqplás), com diâmetro de Ø 47 mm, aproximadamente 15% maior que a ponteira de esfera comum de mercado. A medida foi aumentada para que a mesma não caia facilmente em frestas ou grelhas de águas pluvias, além de superar desníveis no solo. Na Figura 96, apresenta-se as etapas do seu processo de fabricação.

Figura 96 – Etapas do processo de fabricação das semiesferas em resina epóxi flexível



Fonte: De própria autoria

- Capa do rolamento – fabricado em alumínio com diâmetro Ø 25mm x 8 mm, com furo para encaixar sobre pressão o rolamento ABEC-1 608ZZ. Foi usinado no torno mecânico convencional com acabamento superfícial recartilhado cruzado de 1,5 mm; dessa forma, ancorando a resina de poliuretano e não permitindo seu desprendimento do conjunto. Esse conjunto permite a rotação da “Omni-Tip” para frente e para trás (Figura 97).

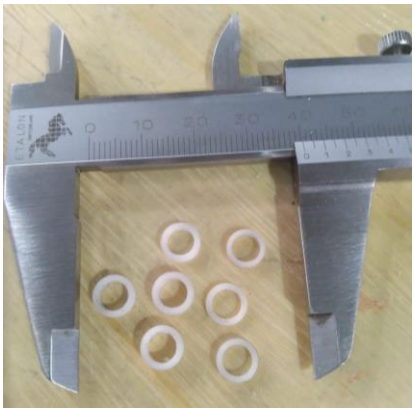
- Arruelas – fabricadas em poliacetal, responsável por facilitar o giro da “Omni-Tip” em torno do pino de giro (Figura 98).

Figura 97 – Capa do rolamento com rolamento



Fonte: De própria autoria

Figura 98 – Arruelas



Fonte: De própria autoria

- Cubo – fabricado em poliacetal com diâmetro de Ø 30 mm x 22 mm, essa peça dará suporte às semiesferas, permitindo que as mesmas girem em torno do eixo do rolamento, ao mesmo tempo que o cubo também gira no seu eixo em torno do pino de giro e permitindo, assim, que a ponteira seja “Omnidirecional”.

- Pino de giro – fabricado em aço temperado, com diâmetro de Ø 5mm x 72 mm, possui um ressalto para manter o cubo com as semiesferas na posição e com o ajuste de folga correto.

- Conector bengala / ponteira – fabricado em *Nylon* com diâmetro de Ø 13 mm x 82 mm, onde é acoplado o pino de giro com ajuste sobre pressão e conectada a ponta da bengala. Na Figura 99 apresenta-se o conjunto principal de giro, e, na Figura 100, apresenta-se o conjunto ponteira omnidirecional “Omni-Tip”, montado.

Figura 99 – Conjunto principal de giro - Cubo, arruelas, pino de giro, conector bengala / ponteira e parafuso, montado e ajustado



Fonte: De própria autoria

Figura 100 – Conjunto Ponteira “Omni-Tip” montado

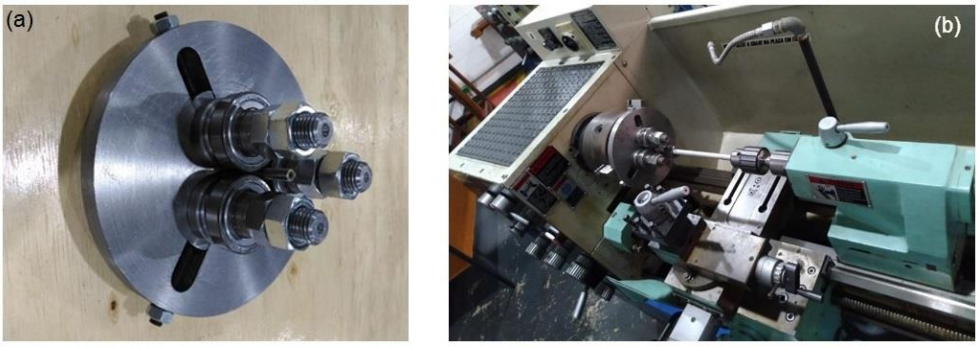


Fonte: De própria autoria

- Tubos – fabricados de tubo de alumínio de diâmetro Ø 1/2” (12,7 mm) com parede de 1 mm, seu comprimento é determinado de acordo com a altura de cada usuário. Esses tubos são encaixados linearmente para formar o corpo da bengala. Para que o encaixe seja possível, se faz necessário a redução de uma das pontas e expansão da outra ponta, permitindo que haja o encaixe entre os tubos com assentamento firme nas partes angulares no final de cada encaixe.

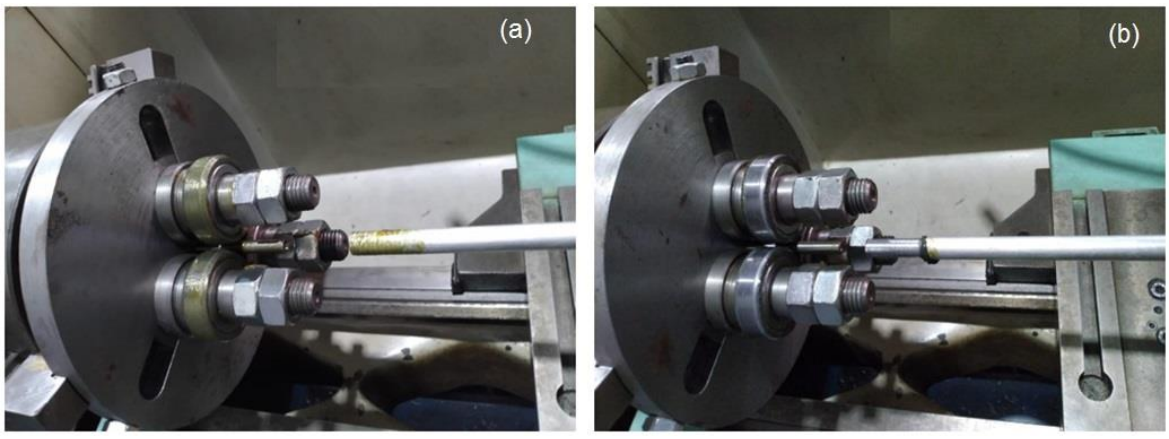
Para o processo de redução, foi desenvolvido uma ferramenta capaz de executar um processo de laminação rotativa em um torno mecânico universal; para a expansão da ponta do tubo, foram usados punções angulares e a operação foi executada manualmente (Figuras 101e 102).

Figura 101 – (a) Ferramenta de laminação rotativa; (b) Ferramenta de laminação rotativa acoplada à placa de três castanhas esquerdas



Fonte: De própria autoria

Figura 102 – (a) Tubo preparado para o início da operação de redução, ferramenta e tubo lubrificado; (b) Operação de redução realizada com sucesso



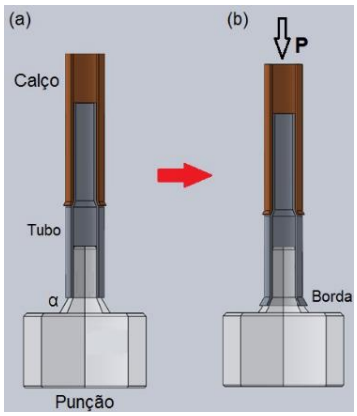
Fonte: De própria autoria

- Operação de redução das pontas dos tubos:

Para a execução dessa operação, o tubo é preso no mandril porta brocas, com o torno girando a 250 rpm. O tubo é forçado a entrar em uma ferramenta de laminação rotativa desenvolvida para esse projeto, pressionado por três roletes acoplados a ferramenta, que, por sua vez, está presa a placa do torno. O comprimento de 35 mm a ser laminado está determinado pela distância dos roletes à face da ferramenta; com isso, quando o tubo encostar na face, inicia-se o retorno do tubo. Esse processo ocorre a uma velocidade linear de 0,21 mm/s; utiliza-se graxa para um bom acabamento da superfície reduzida e diminuição dos esforços mecânicos.

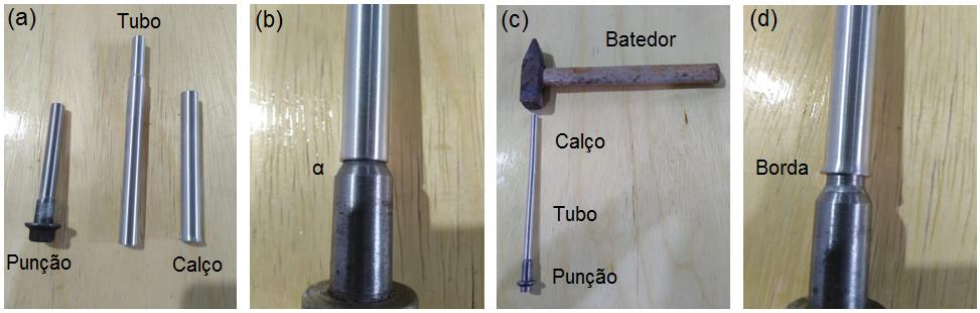
- Operação de expansão das pontas dos tubos - executadas manualmente, expande a boca do tubo, criando assim uma borda com ângulo de 30° para que possa haver o assentamento dos tubos conectados linearmente (Figuras 103 e 104).

Figura 103 – Esquema da operação de expansão do tubo



Fonte: De própria autoria

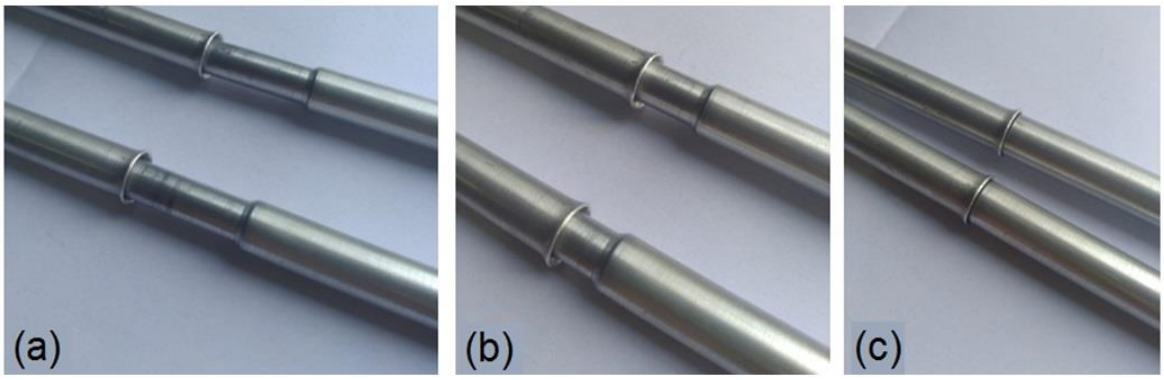
Figura 104 – (a) Início da operação, (b) tubo sem a borda, (c) esquema da montagem para a execução da operação e (d) tubo com a borda, logo após a força executada pelo batedor



Fonte: De própria autoria

Dessa forma, pode ser executada a montagem linear dos tubos (Figura 105).

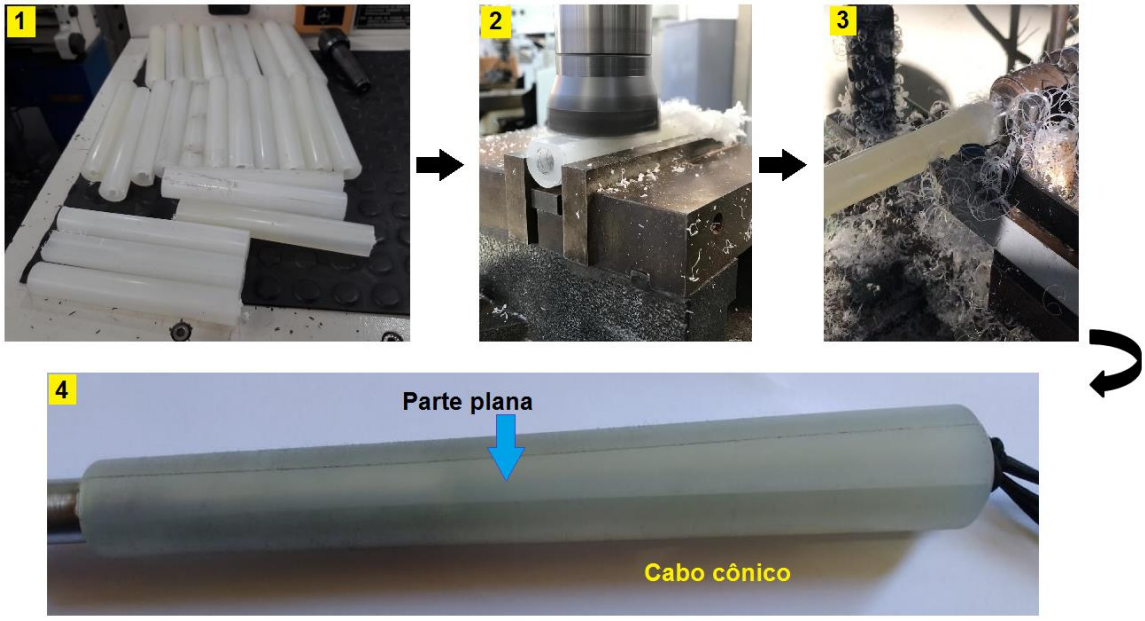
Figura 105 – (a) Início do encaixe dos tubos, (b) deslizamento suave do encaixe e (c) Final do encaixe com as partes com ângulo de 30° encostadas



Fonte: De própria autoria

- Cabos – fabricados em *Nylon* para melhor higienização e evitar a sujidade das mãos dos usuários, apresenta conicidade para evitar escorregamento da mão. Em caso de queda, sua parte plana não permite que o mesmo role em superfícies inclinadas. Na Figura 106, apresenta-se as fases de produção sendo: 1 – corte da matéria prima e furação no torno mecânico; 2 – execução da parte plana na fresadora; 3 – execução da parte cônica no torno mecânico; 4 – cabo finalizado.

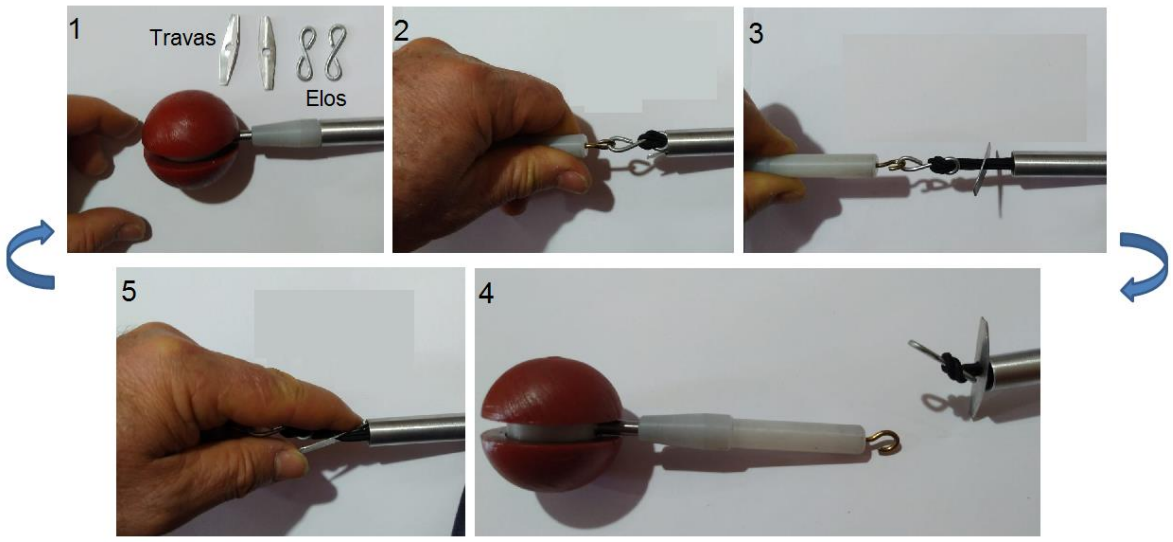
Figura 106 – Fases de produção dos cabos



Fonte: De própria autoria

- Sistema de trava do elástico – permite que o próprio usuário consiga realizar a substituição ou higienização da ponteira. O sistema conta com uma chapa de alumínio (borboleta) que faz o processo de trava do elástico; o elástico, por sua vez, se mantém preso ao elo de um arame galvanizado de 20 mm de comprimento, enquanto o outro elo do arame é utilizado para se conectar à ponteira. A pressão do elástico mantém todo o sistema da armação da bengala. Na Figura 107, apresenta-se a sequência da manobra do sistema de trava para a realização de uma possível substituição da ponteira.

Figura 107 – 1 – Segurar a ponteira, 2 – puxar a ponteira, 3 – liberar a trava de dentro do tubo, 4 – permitir a trava virar na boca do tubo e realizar e trocar a ponteira, 5 – reposicionar a trava para colocá-la no tubo e permitir que a ponteira retorne para dentro do tubo

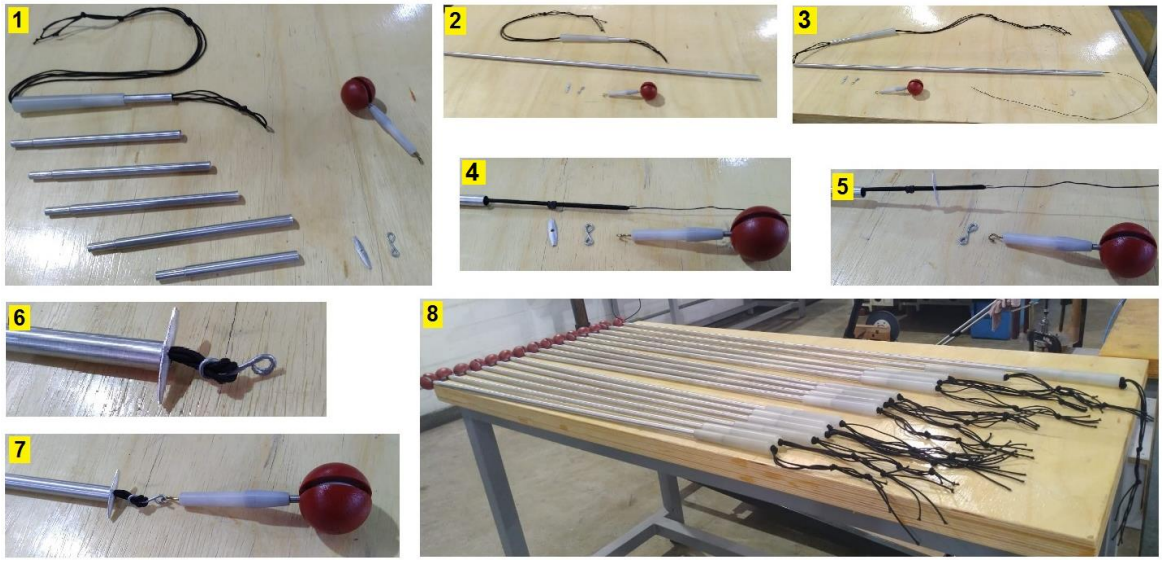


Fonte: De própria autoria

- Montagem das bengalas brancas omnidirecionais - Na Figura 108, apresenta-se a montagem seguindo a numeração: 1 – após determinar o comprimento do elástico, passa-se o mesmo pelo tubo do cabo; 2 – Realiza-se então o encaixe linear dos tubos; 3 – com a ajuda de um arame, passa-se o elástico por todos os tubos; 4 – inicia-se a montagem do sistema de trava do elástico; 5 – passa-se a borboleta pelo elástico; 6 – coloca-se o elo de ligação elástico/ponteira; 7 – conecta-se a ponteira, inclina-se a borboleta para que a mesma entre no tubo; 8 – tensionando o elástico pelo cabo, a ponteira omnidirecional é puxada para se encaixar no tubo; dessa forma, sente-se a tensão suficiente no elástico para manter a bengala montada “Omni-Tip” e ainda assim tendo elasticidade que permita seu desmonte. Logo em seguida,

procede-se com os nós de finalização próximo do cabo, fazendo uma primeira alça para que o usuário passe-a pelo pulso e uma outra alça menor para manter a bengala dobrada quando a mesma for desmontada.

Figura 108 – Montagem da bengala omnidirecional, “Omi-Tip”

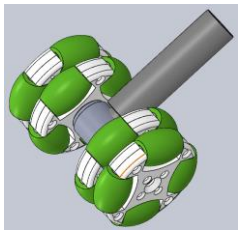


Fonte: De própria autoria

4.4 RESUMO DOS PROJETOS

Na Tabela 6, apresenta-se o resumo dos projetos desenvolvimentos e suas características.

Tabela 6 – Resumo dos projetos desenvolvimentos e suas características

N°	Desenvolvimento	Características	Peso	Custo
PADRÃO		- Ponteira padrão de mercado, construída em nylon, com rolamento (*roller*). - Dimensões diâmetro 40 x 95 mm.	60 g	4,50 USD
1		- A forma construtiva desse projeto não se mostrou satisfatória, com peças que causam o afrouxamento dos roletes, com peso e dimensões excessivas, por acumular sujidade, esse projeto se mostrou inviável. - Dimensões: diâmetro 75 x 111 mm.	160 g	16.00 USD
2		- A forma construtiva desse projeto não se mostrou satisfatória, pois a geometria das peças em 3D, sem resistência aos impactos, esse projeto não chegou a ser finalizado devido sua fragilidade. - Dimensões: diâmetro 56 x 80 x 98 mm.	120 g	13.00 USD
3		- A forma construtiva desse projeto não se mostrou satisfatória, contém muitas peças, rodas que trabalham aos pares, necessitam maior largura para equilibrar o sistema. Com peso e dimensões excessivas, acumula sujidade, resina que capta a sujeira no solo, alto nível de ruído, alto custo das peças em 3D, esse projeto se mostrou inviável. - Dimensões: diâmetro 56 x 114 x 98 mm.	226 g	22.00 USD
4		- Esse projeto foi aprovado em sua geometria, mas reprovado em relação ao peso e ao custo: Os 2 rolamentos elevaram o custo desse produto e também foram responsáveis pelo aumento de peso. - Dimensões: diâmetro 47 x 134 mm.	96 g	15.00 USD
5		- Esse projeto foi aprovado em sua geometria, custo, peso e usabilidade. - Dimensões: diâmetro 47 x 134 mm.	77 g	11.00 USD

Fonte: De própria autoria

4.5 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA

Na Tabela 7, ilustra-se os resultados da avaliação quantitativa, ou seja, de vida util e do desgaste por abrasão das ponteiras.

Tabela 7 – Teste acelerado de vida útil – avaliação de desgaste por abrasão das ponteiras

	Tipos de bengalas	Fabricante	Material	Dureza *Shore*	Tempo (h)	Massa Inicial (g)	Massa Final (g)	% de Perda (g)
Teste 1	PADRÃO - 1 rol.	Mercado	Nylon	80 D	9	57,2	50,5	11,7
	Vermelha - 2 rol.	RedeLease	Resina epóxi flexível	80 A	9	97,2	78,4	19,3
Teste 2	PADRÃO - 1 rol.	Mercado	Nylon	80 D	9	56,0	48,0	14,3
	Branca - 2 - buchas	JN - Poliuretano	Poli-uretano	80 A	9	**77,0**	**74,5**	**3,25**
Teste 3	PADRÃO - 1 rol.	Mercado	Nylon	80 D	10	57,0	53,4	6,31
	Vermelha - 2 - buchas	JN - Poliuretano	Poli-uretano	90 A	10	77,0	70,5	8,44

Fonte: De própria autoria.

Teste 1 – A Figura 109, seção A, mostra as ponteiras nas condições iniciais do teste de vida útil, enquanto na seção B**,** nota-se as condições finais do teste. Na comparação do desgaste, foi verificado que o material utilizado para fabricar a ponteira omnidirecional, Resina Acrílica Flexível com 80 *Shore* A, possui uma característica pouco emborrachada permitindo pouco atrito ao solo. Com isso, a ponteira não gira com facilidade em torno do pino de giro, aumentando a abrasão, e, quando comparado, o desgaste foi mais expressivo que a ponteira comum. Nessa condição, esse material foi reprovado.

Figura 109 – A – Condições iniciais do teste, B condições finais do teste



Fonte: De própria autoria

Teste 2 – A Figura 110, seção A, mostra as ponteiras nas condições iniciais do teste de vida útil, enquanto na seção B, nota-se as condições finais do teste. Na comparação do desgaste, foi verificado que o material utilizado para fabricar a ponteira omnidirecional, Resina de Poliuretano 80 *Shore* A, possui uma característica emborrachada e mais macia, permitindo maior aderência ao solo. Com isso, a ponteira gira com facilidade em torno do pino de giro, diminuindo a abrasão, resultando em menor desgaste em relação ao material de fabricação da ponteira comum. Nessa condição, esse material foi aprovado.

Figura 110 – A – Condições iniciais do teste, B condições finais do teste



Fonte: De própria autoria

Teste 3 – A Figura 111, seção A, mostra as ponteiras nas condições iniciais do teste de vida útil, enquanto na seção B, nota-se as condições finais do teste. Na comparação do desgaste, foi verificado que o material utilizado para fabricar a ponteira

omnidirecional, Resina Acrílica Flexível com 90 *Shore* A, possui uma característica pouco emborrachada, permitindo pouco atrito ao solo. Com isso, a ponteira não gira com facilidade em torno do pino de giro, aumentando a abrasão e se desgastando mais em relação ao material de fabricação da ponteira comum. O material apresentou melhor resultado que o teste 1, mas ainda inferior ao teste 2, sendo, portanto, reprovado.

Figura 111 – A – Condições iniciais do teste, B condições finais do teste



Fonte: De própria autoria

Neste teste, podemos identificar que a esféra da ponteira “Omni-Tip” não se desgasta de maneira uniforme, isto é, a parte mais alta da calota semiesférica não entra em contato com a lixa devido ao ângulo de utilização da mesma. Dessa forma, identificamos onde seria possível colocar o parafuso de fixação da calota sem a utilização dos rolamentos, diminuindo, assim, seu peso e custo.

4.6 AVALIAÇÃO QUALITATIVA – PRIMEIRA

Primeira avaliação qualitativa utilizando a ponteira do teste acelerado de vida útil, Teste 1 – com dois rolamentos. As respostas tabuladas do questionário são apresentadas na Tabela 8, que ilustra como os PP avaliaram o protótipo da BB omnidirecional, de acordo com o APÊNDICE 5.

Tabela 8 – Tabela da primeira avaliação qualitativa

TABELA DA PRIMEIRA AVALIAÇÃO QUALITATIVA

PARTICIPANTES DE PESQUISA

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	%
Questão 1	4	4	4	4	5	5	5	5	4	3	5	4	3	4	4	80
Questão 2	1	1	1	1	3	1	3	2	1	1	1	2	3	1	1	86,7
Questão 3	5	5	5	5	4	5	4	4	3	4	5	5	4	5	5	88,2
Questão 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
Questão 5	3	3	2	3	2	2	3	3	2	3	2	3	4	2	2	40
Questão 6	3	4	3	4	2	4	3	4	4	3	5	5	5	5	5	27
Questão 7	5	5	4	5	4	4	3	5	5	4	5	5	5	3	4	85
Questão 8	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	93
Questão 9	3	3	4	4	3	3	3	4	4	3	4	5	3	5	4	67
Questão 10	1	3	1	1	2	1	1	2	2	2	1	2	3	1	1	85
∑ Ímpares	15	15	14	16	13	14	13	16	13	12	16	17	14	14	14	
∑ Pares	18	15	17	17	15	17	16	15	15	17	16	14	11	16	16	
Likert	83	75	78	83	70	78	73	78	70	73	80	78	73	75	75	

EXPRESSÃO FINAL (média dos valores de Likert) = 75,2

Fonte: De própria autoria.

Exemplo dos cálculos para determinar os valores de Somatória das respostas ímpares, pares e Likert das questões, levando em consideração o participante de pesquisa 1:

PP-1	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
	4	1	5	1	3	3	5	1	3	1

Questões ímpares = (4-1) + (5-1) + (3-1) + (5-1) + (3-1) = 3+4+2+4+2 = 15
Questões pares = (5-1) + (5-1) + (5-3) + (5-1) + (5-1) = 4+4+2+4+4 = 18
Expressão: soma das questões * 2,5 = (15 + 18) * 2,5 = 83

Realizando os cálculos para todos os 15 PP, chegou-se a média geral da escala de Likert de 75,2 de usabilidade, aproximando-se muito dos 80 pontos propostos; contudo, a pontuação apresentada apenas representa um panorama geral por participante, fazendo-se necessário outra análise. Percebeu-se que: as questões 5, 6 e 9, foram as que trouxeram maiores incômodos aos PP, explicitando onde devem ser realizadas as melhorias. Levando em consideração que, tanto nas respostas ímpares quanto nos pares, o valor máximo apurado depois da escolha seria de 60 pontos,

identificou-se a representatividade individual de cada questão; para tanto, procedeu-se os cálculos da seguinte maneira.

Questão 5 – Eu acho que as várias partes da nova bengala branca OMNI estão muito bem elaboradas.

Q5	3	3	2	3	2	2	3	3	2	3	2	3	4	2	2	40%

Questão 5 = (3-1) + (3-1) + (2-1) + (3-1) + (2-1) + (2-1) + (3-1) + (3-1) + (2-1) + (3-1) + (2-1) + (3-1) + (4-1) + (2-1) +(2-1) = ((24)*100)/60) = 2400/60 = 40%

Questão 6 – Eu acho que a nova bengala branca OMNI apresenta muita inconsistência.

Q6	3	4	3	4	2	4	3	4	4	3	5	5	5	5	5	27%

Questão 6 = (5-3) + (5-4)+(5-3)+(5-4)+(5-2)+(5-4)+(5-3)+(5-4)+(5-4)+(5-5)+ (5-5)+ (5-5)+(5-5)+ (5-5)+(5-5) = ((16)*100)/60) = 27%

Questão 9 – Eu me senti confiante ao usar a nova bengala branca OMNI.

Q9	3	3	4	4	3	3	3	4	4	3	4	5	3	5	4	67%

Questão 9 = (3-1) + (3-1) + (4-1) + (4-1) + (3-1) + (3-1) + (3-1) + (4-1) + (4-1) + (3-1) + (4-1) + (5-1) + (3-1) + (5-1) + (4-1) = ((40)*100)/60) = 4000/60 = 67%

4.7 SUGESTÕES DE MELHORIAS

Levantou-se, então, as sugestões de melhorias indicadas pelos PP, para que os protótipos pudessem atender mais efetivamente às necessidades dos usuários:

1 – Diminuir peso da ponteira;

2 – Aumentar a vida útil do material da ponteira;

3 – Trocar o material da ponteira por outro mais macio, para absorver melhor os impactos;

4 – Diminuir o custo final do produto.

4.8 MODIFICAÇÕES REALIZADAS PARA ATENDER AS SUGESTÕES DE MELHORIAS

Para o atendimento das sugestões de melhorias dos PP, percebeu-se a necessidade de realizar um novo projeto da ponteira omnidirecional. Com isso, se fez necessário o desenvolvimento de um novo material em Poliuretano com 80 *Shore* A (Teste 2), a ser utilizado nas semiesferas, capaz de absorver melhor os impactos da superfície, sofrer menor abrasão por atrito e ainda apresentar maior durabilidade. Além disso, aproveitou-se ainda para substituir os rolamentos por buchas, diminuindo assim a massa e custo do produto.

Na Figura 112, apresenta-se o processo de fabricação das semiesferas com incrustação da bucha de alumínio, molde em alumínio e pinos de aço para centralização e fixação da bucha. O molde conta com canal de injeção por coquilha (processo de envase por gravidade da resina, aberto à superfície) e canal de respiro em volta do pino de fixação que deixa uma face da bucha apta para receber o ajuste axial por parafuso, uma vez que o seu diâmetro interno já está ajustado ao eixo que a suportará. As figuras estão assinaladas na sequência do processo: A **–** molde aberto com fina camada de desmoldante; B **–** montagem dos espaçadores no pino base; C **–** montagem da parte inferior do molde no pino base, acima dos espaçadores; D **–** pino superior com rebaixo, permitindo a câmara de escape de bolhas e parte plana para respiro; E **–** colocação da bucha que ficará incrustada na resina, posicionamento do pino superior no centro da bucha e fechamento do molde; F – canal redondo de injeção e canal plano para respiro; G – início da preparação da resina bicomponente na proporção de 2 para 1, sendo 20 g do componente A; H – pigmentação da resina, 2 gotas de corante vermelho vivo; I – introdução do componente B na mistura da resina; J – mistura completa no recipiente, pronta para homogeneização; K - mistura completamente homogeneizada com menos de 20 s; L – envase por gravidade no molde, menos de 1 min; M – molde envasado; N – colocação de pesos para impedir a abertura do molde e penetração de resina abaixo da bucha, durante o processo de cura da resina; O – após duas horas início do desmolde, retirada dos pesos; P – retira do pino superior e corte do excesso de resina dos canais; Q – retirada do pino inferior; R – abertura do molde (peça perfeita sem rebarbas faceando o molde); S – peça extraída do molde; T – peça com canais e sem os canais de injeção e respiro; U – comparação de uma peça com rolamento do teste 1 e outra com bucha do teste 2.

Figura 112 – Processo de Fabricação das semiesferas em Poliuretano



Fonte: De própria autoria

4.9 AVALIAÇÃO QUALITATIVA – SEGUNDA.

Segunda avaliação qualitativa utilizando a ponteira do teste acelerado de vida útil, Teste 2 – 2 buchas. Após as devidas alterações no produto, para atender as sugestões de melhorias, temos a segunda avaliação apresentada na Tabela 9 de acordo com o (APÊNDICE 5).

Tabela 9 – Tabela da segunda avaliação qualitativa

TABELA DA SEGUNDA AVALIAÇÃO QUALITATIVA																
	PARTICIPANTES DE PESQUISA															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	%
Questão 1	4	4	4	4	5	5	5	5	4	3	5	4	3	4	4	80
Questão 2	1	1	1	1	3	1	3	2	1	1	1	2	3	1	1	86,7
Questão 3	5	5	5	5	4	5	4	4	3	4	5	5	4	5	5	88,3
Questão 4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100
Questão 5	4	4	5	3	5	2	3	3	2	3	4	3	4	4	2	71,7
Questão 6	3	2	3	4	2	4	3	1	4	3	1	2	2	1	5	75
Questão 7	5	5	4	5	4	4	3	5	5	4	5	5	5	5	4	85
Questão 8	1	1	2	1	2	1	1	1	2	1	1	1	2	1	1	93,3
Questão 9	4	5	4	4	3	3	3	4	4	3	4	5	3	3	4	73,3
Questão 10	1	1	1	1	2	1	1	2	2	2	1	2	1	1	1	91,7
∑ Ímpares	17	18	17	16	16	18	13	16	15	12	18	17	14	16	16	
∑ Pares	18	19	17	17	15	20	16	18	18	17	20	17	16	20	20	
Likert	88	93	85	83	78	95	73	85	83	73	95	85	75	90	90	
EXPRESSÃO FINAL (média dos valores de Likert) = 84,5																

Fonte: De própria autoria.

4.10 ORÇAMENTO

As ponteiras utilizadas nos testes possuem formas construtivas diferentes que impactam diretamente em seu preço final (Tabela 10).

Tabela 10 – Orçamento

DESCRIÇÃO	FORNECEDOR	Teste 1 R$	Teste 2 R$
- Tubo de alumínio – Ø ½" / 1mm de parede x 1500mm	CENTRAL DE METAIS http://www.centraldemetais.com.br/	11,50	11,50
- Tarugo de Nylon – Ø 25 mm x 170 mm	PLASTIREAL https://www.plastireal.net/	6,00	6,00
- Tarugo de Poliacectal – Ø 30 mm x 20 mm	PLASTIREAL https://www.plastireal.net/	1,60	1,60
- Tarugo de poliacetal – branco Ø 20 mm x 75 mm	PLASTIREAL https://www.plastireal.net/	2,80	2,80
- Rolamento 608zz – Ø 22 mm x 7 mm x 8 mm	Rolamento Globo – SKF https://www.globorolamentos.com.br	24,00	------
- Bucha de alumínio – Ø 16 mm x 8 mm	CENTRAL DE METAIS http://www.centraldemetais.com.br/	-------	0,50
- Parafuso M10 x 100 mm 12.9 – para pino central	GUARU PAR http://www.guarupar.com.br	------	4,00
- Semiesfera de Resina Epóxi Flexível	REDELEASE https://www.redelease.com.br	16,00	------
- Semiesfera de Resina de Poliuretano	JN POLIURETANO https://jnpoliuretano.com.br	------	6,00
- Borboleta, arame, gancho	Trabalho interno	------	0,60
Parafuso M3 x 9 mm	GUARU PAR http://www.guarupar.com.br	0,10	0,30
- Elástico Ø 3 mm x 7.500 mm	ARMARINHOS FERNANDO https://www.armarinhos-fernando.com.br/	3,70	3,70
Custo de materiais		**65,70**	**37,00**
Proc. de Prod. 30%			
TOTAL 1 – Unidade		**85,41**	**48,10**
TOTAL 15 – Unidades		**1281,00**	**721,50**

Fonte: De própria autoria

As alterações sugeridas no Teste 1 e implementadas no Teste 2, finalizando o projeto da bengala Omni, resultou em uma economia de 43,70%.

Dessa forma se o projeto fosse comercializado a um preço médio de R$ 124,50, (26.64 USD) de uma bengala padrão, teria uma margem de lucro de 61,36%.

Portanto conseguiu-se desenvolver um produto com qualidade superior a um preço compatível de mercado.

Preço de bengalas comuns do mesmo padrão no mercado: Laramara[14] 24.55 USD; VISEEU[15] - modelo NT-XU04 (32.77 USD); Compra pelo mercado livre[16] - 27.14 USD;

Um dos modelos de bengala branca comum vendida no mercado, possui 4 segmentos e com isso quando desmontada dificulta ao usuário acondiciona-la em bolsas no caso de mulheres e no bolso traseiro da calça no caso dos homens, na Tabela 11, segue um resumo das características entre esse modelo e uma BB "Omni-Tip", ambas em tubo de alumínio com Ø 12,7 mm e 1mm de parede.

Tabela 11 – Comparação entre a bengala branca comum com *"roller"* de mercado e a BB "Omni-Tip"

		Segmentos	Comprimento total, montada	Comprimento total, desmontada	Peso	Preço
Padrão de Mercado		4	120 cm	32 cm	276 g	24.00 USD
BB (Omni-Tip)		6	120 cm	24 cm	255 g	8.74 USD Custo de Fabricação 22.70 USD Sugestão de venda com aprox. 61 % de lucro

Fonte: De própria autoria

[14] https://laratec.org.br/produto/bengala-laramara/ – acessado em 18/10/2022.
[15] https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2603110563-123cm-bengala-branca-dobravel-para-pessoa-com-cego-_JM – acessado em 18/10/2022.
[16] https://pt.aliexpress.com/item/32956859843.html – acessado em 18/10/2022.

4.11 CONSIDERAÇÕES FINAIS DOS PARTICIPANTES DE PESQUISA SOBRE A BENGALA OMNIDIRECIONAL.

Após os testes de usabilidade, os participantes apresentaram considerações, sendo elencadas, na sequência, de maneira resumida:

- “Essa ponteira parece um trator, passa por cima de desníveis, frestas e pedras e roda bem sem travar mesmo em pisos de paralelepipedo (pisos intertravados) e ruas de terra”;
- “Após as melhorias, a bengala ficou bem mais leve, praticamente igual algumas bengalas que eu já usava, mas melhor que muitas que eu já usei”;
- “Essa bengala acompanha facilmente o piso podotátil em suas listras direcionais, além de identificar muito bem as bolinhas (relevos do piso podotátil) que indicam situação de risco ou mudanças de direções”;
- “Me senti mais seguro ao utilizar essa bengala, pois ela desliza facilmente no solo sem travar seu giro; fiquei surpreso ao utilizá-la”;
- “Senti que o fato dela deslizar muito bem aliviou os esforços para conduzí-la”;
- “Fiquei muito satisfeito em participar deste projeto, pois sinto que tivemos a oportunidade de criar uma nova Tecnologia Assistiva que atende melhor a nossa comunidade tão à margem; sei que que ainda não é o ideal, mas estamos no caminho certo”;
- “Identifiquei que o projeto da ponteira omnidirecional trouxe uma nova perspectiva que, nem mesmo nós, como deficientes visuais, pensávamos poder existir”;
- “Por mais que a bengala tenha sido projetada para não atrair atenção, nos encontros com a comunidade em eventos para deficientes visuais, essa bengala foi notada e despertou interesse nos colegas que a testaram e aprovaram”;
- “Essa bengala não deixa bater ou danificar o primeiro tubo perto da ponteira” – Esse benefício não havia sido previsto, mas o mesmo ocorreu devido ao maior diâmetro da esfera omnidirecional que encosta primeiro nos obstáculos e impede que o tubo da bengala seja danificado;
- “Essa bengala não escorrega ao ser deixada em pé, encostada na parede” - Esse benefício não havia sido previsto, mas o mesmo ocorreu devido a característica mais emborrachada do Poliuretano.

4.12 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A BB “Omni-Tip” apresentada nesse projeto contraria a maioria das especificações paramétricas do (*Council*, 1986) apresentado na (página 10), pois as mesmas até o presente momento só podem ser atendidas por meio de tecnologias eletroeletrônicas. Tecnologias essas que causam, o abandono dos novos ETA´s e fazem com que os deficientes visuais voltem a utilizar a BB comum. Com isso percebeu-se que a aplicação da tecnologia eletrônica de sensoriamento, além de prejudicar a concretização de novos desenvolvimentos, causam a diminuição dos sentidos remanescentes dos deficientes visuais. Diante disso, justificamos a opção por desenvolver um ETA com tecnologias mecânicas, que prima por atender as necessidades básicas do cego e que não interfira na qualidade dos seus sentidos remanescentes, que não reforce o estigma da cegueira, que lhe traga conforto ao seu deslocamento a um custo acessível ou com baixo custo aquém dos oferecidos no mercado.

Os desenvolvimentos apresentados por Schellingerhout *et al.* (2014), Rizzo *et al.* (2018), Kim e Emerson (2019) páginas (39 e 40), onde os autores exploraram a área da mecânica, também apresentam algumas dificuldades de implementação: no caso de Schellingerhout a bengala com a ponta inclinada, tem a tendência de criar momento de força, quando a mesma é apoiada ao solo e deambulada da esquerda para a direita e vice versa, funcionando como uma manivela que tende a girar o punho do usuário, assim o cego precisa usar de força extra no braço para manter a parte inclinada da bengala na posição correta, gerando cansaço excessivo e desconforto na utilização desse ETA.

No caso de Rizzo a bengala com asas dobráveis apresenta dificuldades de utilização e de transporte e no caso de Kim e Emerson a bengala por se tratar de um dispositivo a ser utilizada em terrenos com areia e grama atende as necessidades dos usuários sem comprometer a sua usabilidade ou forçar o punho do usuário. Nos dois primeiros casos os desenvolvimentos reforçam o estigma da cegueira, pois destoam em muito da BB comum, nesse caso vale lembrar que o foi exposto por Worth (2019) na página (2), que o indivíduo cego somente quer ser uma pessoa comum.

Assim, nesse projeto primamos por um desenvolvimento com o mínimo de alterações possíveis, principalmente relacionada aos esforços empreendidos na

condução da bengala e para não reforçarmos o estiga da cegueira que levam ao abandono dos ETA´s.

Analisando a planilha de custo, identifica-se que para a produção da BB é necessário 8,74 USD, como pretende-se vender esse produto a 60% do preço praticado no mercado de 23.64 USD, o preço final de venda seria de 15.10 USD. Com isso ainda se obtém um lucro de 42% na venda, dessa forma o produto ainda seria de baixo custo e acessível aos usuários e promoveria uma maior troca dos dispositivos ao longo do ano, com isso geraria maior qualidade e segurança ao deficiente visual em caminhar.

A avaliação quantitativa, através do teste acelerado de vida útil, revelou, no seu Teste 2, o melhor material para a fabricação da ponteira omnidirecional. Percebeu-se a importância de o material ter atrito com o solo para que o sistema omnidirecional gire sem escorregar, diminuindo assim o desgaste por abrasão;

A primeira avaliação qualitativa, o Teste 1, identificou, através do questionário, as sugestões de melhorias a serem implementadas, visto que somente 75,2 pontos foram atingidos na escala de Likert; dessa forma, ficando abaixo dos 80 pontos propostos inicialmente no projeto.

A segunda avaliação qualitativa, o Teste 2, atingiu 84,5 pontos na escala de Likert, ultrapassando os 80 pontos propostos inicialmente e atingindo plenamente o objetivo inicial desse projeto. Dessa forma, obtendo a pontuação suficiente para ser considerado como um produto de excelente usabilidade.

O desenvolvimento desse projeto foi acompanhado pelos deficientes visuais que solicitaram que os comprimentos dos segmentos não superassem 25 cm, pois a bengala branca comum vendida no mercado (Tabela 11), possui 4 segmentos de 32 cm, que dificulta seu acondicionamento em bolsas, no caso de mulheres, e no bolso traseiro da calça no caso dos homens, a BB “Omni-Tip” que possui 6 segmentos de 24 cm, tem fácil acondicionamento.

4.13 – ETAPAS DO PROCESSO DE FABRICAÇÃO, AVALIAÇÃO EM LABORATÓRIO E AVALIAÇÃO EM CAMPO DA BB “OMNI-TIP”

Os processos de fabricação contemplam desde o projeto como um todo: escolha dos materiais, conformação das pontas dos tubos com ferramenta de laminação rotativa, construção dos moldes para o processo de moldeção das ponteiras com moldes em borracha de silicone e molde em alumínio, envase de resina de poliuretano nos moldes. As avaliações das ponteiras, ocorreram em dois momentos: avaliação em bancada para teste acelerado de vida útil, avaliação em campo pelos deficientes visuais (Figura 113).

Figura 113 – Link para os vídeos hospedados no YouTube



Fonte: De própria autoria.

Disponível em: https://youtube.com/@rpm-resinasdepoliuretanoem9686

4.14 – ARTIGOS, PEDIDOS DE REGISTROS E MATÉRIA EM SITE: RELACIONADOS AO PROJETO DA BB “OMNI-TIP”

Durante o processo de desenvolvimento da “Omni-Tip”, foram publicados 2 (dois) artigos, realizados 2 (dois) pedidos de registros (em trâmite) e uma matéria no *site* da Universidade de Mogi das Cruzes – UMC, (Figura 114).

- Artigo 1: DESENVOLVIMENTO DE UMA BENGALA BRANCA COM PONTEIRA OMNIDIRECIONAL MECÂNICA (“OMNI-TIP”) PARA DEFICIENTES VISUAIS – DOI: 10.5281/zenodo.7897294 - https://revistaft.com.br/desenvolvimento-de-uma-bengala-branca-com-ponteira-omnidirecional-mecanica-omni-tip-para-deficientes-visuais/

- Artigo 2 - TECNOLOGIAS ASSISTIVAS DESENVOLVIDAS NA ESCOLA PARA PROMOÇÃO DA INCLUSÃO SOCIAL – DOI: 10.56083/RCV3N6-097 - https://ojs.revistacontemporanea.com/ojs/index.php/home/article/view/1008/784

- Matéria no Site da UMC – ESTUDANTE DE DOUTORADO DO PPG EM ENGENHARIA BIOMÉDICA DESENVOLVE BENGALA MECÂNICA INOVADORA - https://www.umc.br/noticias/estudante-de-doutorado-do-ppg-em-engenharia-biomedica-desenvolve-bengala-mecanica-inovadora/

Figura 114 – Links para as produções

1 2 3

Fonte: De própria autoria

5 CONCLUSÃO / TRABALHOS FUTUROS

O projeto embrionário da bengala “Omni-Tip” teve seu início com a construção de bengalas brancas comuns, desenvolvida no Instituto Federal de Guarulhos para os alunos com deficiencia visual, envolvendo aproximadamente 250 alunos videntes e não videntes, resultando na confecção e distribuição de 100 bengalas brancas comuns a comunidade cega de Guarulhos.

Após dois anos de pesquisa, através da tecnologia mecânica omnidirecional e a participação ativa dos deficientes visuais, foi possível desenvolver uma ponteira esférica, a “Omni-Tip”, capaz de rolar em todas as direções quando apoiada ao solo, sem apresentar agarre, com vida útil maior que as de mercado, com custo acessível, geometria favorável ao uso e que não caia nas grelhas de águas. Isto trouxe uma nova perspectiva, surpreendendo os PP, com benefícios não previstos, tornando mais fácil, seguro e fluido seu caminhar.

Após seis anos do início do projeto das bengalas comuns, finalizamos o estudo com a “Omni-Tip”. Percebemos que esse processo foi muito importante na formação dos alunos, impactando-os no âmbito social, pessoal e profissional. Notamos, também, que os alunos com deficiência são percebidos, são visíveis e passaram a ter seu lugar no processo educativo.

Por meio desse projeto, refutamos a hipótese previamente estabelecida, indicando assim que existe espaço para novos desenvolvimentos mecânicos e/ou eletrônicos para melhor atender ao deficiente visual. Observou-se, ainda, que a tecnologia omnidirecional estabeleceu um novo paradigma no desenvolvimento de bengalas brancas totalmente mecânicas.

Por meio do desenvolvimento do projeto final da BB “Omni-Tip”, respondemos à pergunta de pesquisa, mostrando que a tecnologia omnidirecional mecânica empregada para fabricar a ponteira, se mostrou plenamente satisfatório no que diz respeito ao atendimento das expectativas propostas. A ponteira desenvolvida, rolou em todas as direções quando em contato com o solo, diminuindo o agarre e os esforços empregados em sua condução, facilitando o deslocamento do deficiente visual. A ponteira foi fabricada com material que absorve melhor os impactos, sem diminuir a capacidade do usuário identificar o tipo de solo, possui uma geometria favorável e que não corrobora com o estigma da cegueira. Para a fabricação do corpo da BB, utilizou-se uma ferramenta de laminação rotativa capaz de conformar as

pontas de tubos, proporcionando assim seus encaixes lineares sem a adição de outros materiais e peso ao conjunto, a BB foi fabricada a um custo de 8.74 USD, ficando abaixo da média de 15.30 USD, de uma BB comum vendida no mercado, sendo considerado dessa forma como acessível ou de baixo custo.

Oportunidades de trabalhos futuros:

- Diminuir a distância entre as duas semiesferas;
- Utilizar espuma expandida de Poliuretano, semelhante às utilizadas em volantes automotivos, na confecção das semiesferas para diminuir peso e aumentar a sua vida útil.

6 CRONOGRAMA DE ATIVIDADES

A Tabela 12 ilustra o cronograma de execução com as atividades mencionadas e o período em que serão realizadas.

Tabela 12 – Cronograma de execução

Atividades	2022				2023					
	Meses									
	09	10	11	12	01	02	03	04	05	06
Qualificação		X								
Ajustes apontados pela banca de Qualificação		X	X	X						
Escrita de Artigos científicos para revistas internacionais e nacionais	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Submissão do Artigo	X	X	X	X					X	X
Correção do Artigo				X	X	X				
Fase de publicação do Artigo				X	X	X	X	X	X	X
Submissão do pedido de Patente			X	X						
Avaliação do pedido de Patente / Registro				X	X	X	X	X	X	X
Finalização da Tese					X	X	X	X	X	
Defesa de Tese										X

Fonte: De própria autoria.

REFERÊNCIAS

ACIEM, T. M.; MAZZOTTA, M. J. DA S. Autonomia pessoal e social de pessoas com deficiência visual após reabilitação. **Revista Brasileira de Oftalmologia**, v. 72, n. 4, p. 261–267, 2013.

AL-OBAIDI, S. *et al.* Basic gait parameters: A comparison of reference data for normal subjects 20 to 29 years of age from Kuwait and Scandinavia. **Journal of Rehabilitation Research and Development**, v. 40, n. 4, p. 361–366, 2003.

BERNIERI, G.; FARAMONDI, L.; PASCUCCI, F. Augmenting white cane reliability using smart glove for visually impaired people. **Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS**, v. 2015- Novem, p. 8046–8049, 2015.

BHATLAWANDE, S. *et al.* Design, development, and clinical evaluation of the electronic mobility cane for vision rehabilitation. **IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering**, v. 22, n. 6, p. 1148–1159, 2014.

BOHANNON, R. W.; WILLIAMS ANDREWS, A. Normal walking speed: A descriptive meta-analysis. **Physiotherapy**, v. 97, n. 3, p. 182–189, 2011.

CARDILLO, E.; CADDEMI, A. Insight on electronic travel aids for visually impaired people: A review on the electromagnetic technology. **Electronics (Switzerland)**, v. 8, n. 11, 2019.

COMITÊ de Ajudas Técnicas (CAT) da Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República: (CAT, Ata da Reunião VII, SDH/PR, 2007).

BRASIL. Secretaria Especial dos Direitos Humanos. Coordenadoria Nacional para Integração da Pessoa Portadora de Deficiência. **Ata**. *In:* VII Reunião do Comitê de Ajudas Técnicas CAT CORDE / SEDH / PR realizada nos dias 13 e 14 de dezembro de 2007. Brasília, DF: Presidência da República, 2007.

DAKOPOULOS, D.; BOURBAKINS, N. G. Wearable obstacle avoidance electronic travel aids for blind: A survey. **IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics Part C: Applications and Reviews**, v. 40, n. 1, p. 25–35, 2010.

GAO, Y.; CHANDRAWANSHI, R.; NAU, A. C. e TSE, Z. T. H. Wearable Virtual White Cane Network for navigating people with visual impairment. v. 229, n. 9, p. 681-688, 2015.

FONSECA, R.; LOPEZ, A. L.; ALEJANDRO, R. G. Locomoção independente : contribuição à locomoção do cego em espaços urbanos. *In*: Computer on the Beach, 2012, UNIVALI, SC. **Anais** […]. UNIVALI, SC: Computer on the Beach, 2012. p. 221–230.

FUKASAWA, A. J.; MAGATANI, K. A navigation system for the visually impaired an intelligent white cane. *In*. Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, EMBS. California, USA. **Anais** […]. California, USA: Proceedings of the Annual International Conference of the IEEE EMBS. p. 4760–4763, 2012.

FUKUCHI, C. A.; FUKUCHI, R. K.; DUARTE, M. Effects of walking speed on gait biomechanics in healthy participants: A systematic review and meta-analysis. **Systematic Reviews**, v. 8, n. 1, p. 1–11, 2019.

HESCH, J. A.; ROUMELIOTIS, S. I. Design and analysis of a portable indoor localization aid for the visually impaired. **International Journal of Robotics Research**, v. 29, n. 11, p. 1400–1415, 2010.

HUSSEIN., A. A. H. *et al.* **Blind walking stick**. 2017. 83 f. A project submitted in partial Fulfillment for the Requirement of the Degree of B.Sc (Honor) in Electrical Engineering - Sudan University of Science and Technology College of Engineering. 2017.

IBRAHIM, A. I. S. A. **Influence of Orientation and Mobility Training on Social Integration of Adults with Visual Impairment in Kano State, Nigeria**. 2019. 178 f. Thesis (Doctor in Philosophy) - School Of Education, Kenyatta University, Nairobi, Quênia, 2019.

KHAN, I.; KHUSRO, S.; ULLAH, I. Technology-assisted white cane: Evaluation and future directions. **PeerJ**, v. 2018, n. 12, 2018.

KIM, D. S.; EMERSON, R. W. Obstacle Detection with the Long Cane: Effect of Cane Tip Design and Technique Modification on Performance. **Physiology & behavior**, v. 176, n. 3, p. 139–148, 2018.

KIM, D. S.; WALL EMERSON, R. S.; CURTIS, A. B. Ergonomic factors related to drop-off detection with the long cane: Effects of cane tips and techniques. **Human Factors**, v. 52, n. 3, p. 456–465, 2010.

KIM, Y. *et al.* Quantification of long cane usage characteristics with the constant contact technique. **Applied Ergonomics**, v. 55, p. 216–225, 2016.

LEE, J.; CHOI, H.; LEE, J. S. TalkingCane: Designing interactive white cane for visually impaired people's bus usage. *In*. MobileHCI'15 - Proceedings of the 17th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services Adjunct, 2015. Copenhagen, Denmark. **Anais** […]. Copenhagen, Denmark: MobileHCI'15 p. 668–673.

LUGLI, D. Bengala Customizável para Mulheres com Deficiência Visual Customizable Cane for Women with Visual Impairment. v. 12, 2016.

MARASINGHE, K. M.; LAPITAN, J. M.; ROSS, A. Assistive technologies for ageing populations in six low-income and middle-income countries : a systematic review. p. 1–14, 2015.

NIELSEN, J.; MOLICH, R. Heuristic evaluation of user interfaces. **Proc. ACM CHI'90 Conference,** Seattle, EUA, p. 249-256, abr. 1990.

O'BRIEN, E. E. *et al.* A detachable electronic device for use with a long white cane to assist with mobility. **Assistive Technology**, v. 26, n. 4, p. 219–226, 2014.

OBERG T, KARSZNIA A, O. K. Basic gait parameters: reference data for normal subjects, 10-79 years of age. **J Reh**. v. 30, n. 2, p. 210–223, 1993.

OKAYASU, M. Newly developed walking apparatus for identification of obstructions by visually impaired people. **Journal of Mechanical Science and Technology**, v. 24, n. 6, p. 1261–1264, 2010.

PADRINI-ANDRADE, L. *et al.* Evaluation of usability of a neonatal health information system according to the user's perception. **Revista Paulista de Pediatria**, v. 37, n. 1, p. 90–96, 2019.

PATIL, S. G. et al. GesturePod: Enabling On-device Gesture-based Interaction for White Cane Users. *In*. UIST' 19, LA, USA. **Anais** […]. LA, USA: UIST' 19, 2019. p. 403-4015.

PISSALOUX, E.; VELÁZQUEZ, R. (ed.). **Mobility of visually impaired people**: fundamentals and ICT assistive technologies. Berlin, German: Springer, 2018.

PYUN, R. *et al.* Advanced Augmented White Cane with obstacle height and distance feedback. *In*. IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics, 2013, Washington, USA. **Anais** […]. Washington, USA: IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics, 2013.

RADABAUGH, M. P. **Study on the Financing of Assistive Technology Devices of Services for Individuals with Disabilities** - A report to the president and the congress of the United State, National Council on Disability 1993.

RIZZO, J. R. *et al.* A new primary mobility tool for the visually impaired: A white cane - adaptive mobility device hybrid. **Assistive Technology**, v. 30, n. 5, p. 219–225, 2018.

ROENTGEN, U. R., GELDERBLOM, G. J., SOEDE, M., e de Witte, L. P. Inventory of Electronic Mobility Aids for Persons with Visual Impairments: A Literature Review. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, v. 102, n. 11, p. 702–724, 2008.

RODGERS, M. D.; EMERSON, R. W. Human factor analysis of long cane design: Weight and length. **Journal of Visual Impairment and Blindness**, v. 99, n. 10, p. 622–632, 2005.

ROJAS, R. A short history of omnidirectional wheels. 2006. Disponível em: < https://ftp.mi.fu-berlin.de/pub/Rojas/omniwheel/shortomni.pdf> Acesso em: 06 ago. 2023.

SANTOS, D. DE G. *et al.* Desenvolvimento De Uma Bengala Eletrônica Para Locomoção De Pessoas Com Deficiência Visual. **Abcm.Org.Br**, v. 1, p. 10–20, 2010.

SCHELLINGERHOUT, R. *et al.* Improving obstacle detection by redesign of walking canes for blind persons. **Ergonomics**, v. 44, n. 5, p. 513–526, 2001.

SCHIMIDT, D.; HILLENBRAND, C.; BERNS, K. Omnidirectional locomotion and traction control of the wheel-driven, wall-climbing robot, CROMSCI. **Robotica**, v. 29, n. 7, p. 991–1003, 2011.

TADAKUMA, K. *et al.* Crawler vehicle with circular cross-section unit to realize sideways motion. *In*: 2008. IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS, Nice, France. **Anais** […]. Nice, France, 2008. p. 2422–2428.
WALL EMERSON, R. *et al.* Biomechanics of Long Cane Use. **Journal of Visual Impairment and Blindness**, v. 113, n. 3, p. 235–247, 2019.

WALL EMERSON, R. *et al.* Biomechanics of Long Cane Use. **Journal of Visual Impairment and Blindness**, v. 113, n. 3, p. 235–247, 2019.

WEID, O. VON DER. O Corpo Estendido De Cegos: Cognição, Ambiente, Acoplamentos. **Sociologia & Antropologia**, v. 5, n. 3, p. 935–960, 2015.

WINNICOTT, D. W. A Experiência Mãe-Bebê de Mutualidade. *In*: WINNICOTT, C. (org.). **Explorações Psicanalíticas**: D.W. Winnicott. Porto Alegre: Artes Médicas, 1994. p.195-202.

World Health Organization (WHO); The World Bank. **Relatório mundial sobre a deficiência**. Tradução por Lexicus Serviços Linguísticos. São Paulo: SEDPcD, 2012. Disponível em: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/44575/9788564047020_por.pdf >. Acesso em: 04 ago. 2023.

WORTH, N. Visual Impairment in the City: Young People's Social Strategies for Independent Mobility. **Urban Studies**, v. 50, n. 3, p. 574–586, 2013.

YU, S. *et al.* A Study on Slippage and Tip-over Stability for an Omnidirectional Mobile Robot with Longitudinal MY-wheels. *In*: IEEE International Conference on Mechatronics and Automation, 2019, Tianjin, China. **Anais** [...]. Tianjin, China: IEEE ICMA, 2019. p. 1484–1489.

ANEXO 1 – TERMO DE ACEITE DA INSTITUIÇÃO – ASSOCIAÇÃO DE DEFICIENTES VISUAIS DE GUARULHOS – ADEVIG

Adevig
ASSOCIAÇÃO DE DEF. VISUAIS DE GUARULHOS

ADEVIG

Associação de Deficientes Visuais de Guarulhos CNPJ: 03.158.874/001-60

Inscrição Municipal N.° 127.075 Aprovado em 20/05/2005

Ao Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade de Mogi das Cruzes.

Eu, Ewerton Dos Santos Lourenço Teles CPF. 341.201.278-50 responsável pela ADEVIG (associação de deficientes visuais de Guarulhos) situada a rua Gravatal n°404, jardim jovaia CEP: 07132170 Guarulhos SP, conheço o Projeto de Pesquisa Intitulado:

"DESENVOLVIMENTO DE BENGALA BRANCA MECANICA PARA DEFICIENTES VISUAIS COM PONTEIRA OMNIDEIRECIONAL, COM ROTAÇÃO PARA DIREITA, ESQUERDA, FRENTE E TRÁS"

Desenvolvido pelos pesquisadores Claudemir Claudino Alves e Silvia Cristina Martini, concordo com a realização deste trabalho no endereço rua Alberto Hinoto Bento, 49 – Macedo, Garulhos- SP, 07197-140. Tel. (11) 92414-3685, uma vez havendo carta de aprovação de

Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da Universidade de Mogi das Cruzes.

Atenciosamente,

Guarulhos, 30 de Novembro 2021

Ewerton Dos Santos Lourenço Teles
Presidente

03.158.874/0001-60
ADEVIG ASSOCIAÇÃO DE DEFICIENTES VISUAIS DE GUARULHOS

ANEXO 2 – TERMO DE ACEITE DA INSTITUIÇÃO – ESCOLA ESTADUAL VEREADOR ANTÔNIO DE RÉ

GOVERNO DO ESTADO DE SÃO PAULO
SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO
DIRETORIA DE ENSINO – REGIÃO DE GUARULHOS SUL
EE VEREDOR ANTÔNIO DE RÉ"

Guarulhos,01 de dezembro de 2021.

Ao Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos
da Universidade de Mogi das Cruzes

Eu, Patrícia Lima de Oliveira, CPF 312764968-18 responsável pela escola EE Vereador Antônio de Ré situado na Rua da Penha,156, CEP: 07197-130/ Guarulhos-S.P, tel:2441-3011 conheço o Projeto de Pesquisa intitulado **" DESENVOLVIMENTO DE BENGALA BRANCA MECÂNICA PARA DEFICIENTES VISUAIS COM PONTEIRA OMNIDIRECIONAL, COM ROTAÇÕES PARA DIREITA, ESQUERDA, FRENTE E TRÁS"** desenvolvido pelo pesquisador Claudemir Claudino Alves e Silvia Cristina Martini, concordo com a realização deste trabalho neste estabelecimento uma vez havendo carta de aprovação de Comitê de Ética em Pesquisa envolvendo Seres Humanos da Universidade de Mogi das Cruzes.

Declaro que esta instituição possui a infraestrutura necessária para a condução do projeto em questão. A saber:

- Sala de aula para Atendimento Educacional Especializado, para a recepção dos colaboradores e aplicação de questionário;
- Banheiros acessíveis;

Atenciosamente,

Patrícia Lima de Oliveira
Diretora de Escola

Assinatura e carimbo

Patrícia Lima de Oliveira
RG 45 667.554-1
Diretora de Escola

E. E. Vereador Antonio de Ré Macedo
U.A. - 40.361
CIE 006026
DE Guarulhos Sul
Guarulhos
Rua da Penha, 156

APÊNDICE 1 – TERMO DE CONSCENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Nome do Estudo: DESENVOLVIMENTO DE BENGALA BRANCA MECÂNICA PARA DEFICIENTES VISUAIS COM PONTEIRA OMNIDIRECIONAL ESFÉRICA, COM ROTAÇÕES PARA DIREITA, ESQUERDA, FRENTE E TRÁS

Investigador Principal: Claudemir Claudino Alves / Silvia Cristina Martini

Vínculo Institucional: Universidade de Mogi das Cruzes - UMC

Telefone para Contato com o investigador principal: (11) 9 7391-9437

E-mail do investigador principal:

claudemirclaudino@gmail.com / silviacmr.rodrigues@gmail.com

Você está sendo convidado(a) a participar de um estudo científico, sendo que as informações sobre o mesmo estão descritas nos itens que se seguem. É importante que você leia, ou que alguém leia para você, esse documento com atenção e, em caso de qualquer dúvida ou informação que não entenda, peça ao pesquisador responsável pelo estudo que explique a você. Você não é obrigado(a) a participar desta pesquisa. Caso aceite participar, você assinará esse Termo de Consentimento Livre e Esclarecido em duas vias, sendo que uma delas deverá ficar com você. Caso precise de mais tempo, você poderá levar este Termo para casa, para revisar e discutir com a sua família. Você pode se recusar ou se retirar do estudo a qualquer momento, sem ter que dar maiores explicações, não implicando em qualquer prejuízo o seu tratamento.

Este estudo **foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Mogi das Cruzes**, sob protocolo nº 5.251.581, que avaliou o estudo e as condições necessárias para a sua proteção e o respeito aos seus direitos como participante da pesquisa. Um Comitê de Ética em Pesquisa (também conhecido como CEP) é um órgão responsável pela avaliação e acompanhamento dos aspectos éticos de estudos que envolvem seres humanos, com o objetivo de assegurar a dignidade, os direitos, a segurança, a proteção e o bem-estar de todos os participantes.

*Rubrica do Participante:*_____ *Rubrica do Pesquisador:*_____

Por que este estudo está sendo realizado?

Você foi convidado a participar deste estudo porque você possui deficiência visual parcial ou completa e experiência adquirida na utilização de bengala branca comum e uso da técnica de deslize ou de contato constante, estamos pesquisando uma forma de desenvolver uma bengala branca mecânica mais eficaz que trará maiores benefícios aos usuários, tais como: melhor custo benefício, ponteira com maior vida útil e com material melhor e mais durável, que não promova o agarre ou "topada" durante a sua caminhada, leve, lavável, segura, que dará ao usuário a possibilidade da autonomia na manutenção do seu equipamento na troca dos ponteiras e assim podermos ajudar pessoas que, como você, passam por situações semelhantes. O objetivo deste estudo é compreender os desconfortos cotidianos de quem usa a bengala branca e de como poderemos melhorá-la.

Se eu aceitar participar, a que procedimentos estarei sendo submetido?

Este estudo envolve a coleta de dados para buscar maneiras de melhorar a bengala branca comum, e assim melhorar a qualidade de vida de quem tem deficiência visual parcial ou total. Para isto, você será solicitado(a) a participar de três procedimentos distintos a saber:

Definimos os protocolos dos procedimentos em reunião com a equipe, dia 22 e 24/11/2021, os mesmos são elencados abaixo:

1 - Procedimento: os participantes de pesquisa serão convidados a tomar um café, (café, chá, pães, suco, bolacha e fruta), logo depois deverão participar de uma reunião com a equipe de pesquisa, nesse momento serão solicitado que alguém de sua confiança (testemunha), lhe ajude com essa tarefa, onde serão levantadas as sugestões de melhorias, geração de ideias *"Brainstorming"* (APENDICE 1), a serem implementadas no protótipo da nova bengala Omnidirecional, este procedimento será realizado na **Escola Estadual Vereador Antônio de Ré**, em sala de aula, o mesmo ocorrerá de 14/03 à 21/03/2022, nesse momento será pedido aos participantes de pesquisa que utilizem de sua experiencia na utilização de bengalas brancas, para que apontem sugestões que lhe seriam interessantes estarem presentes nesse novo protótipo a ser desenvolvido,

- Depois do Brainstorming, aguardaremos dois meses para que os protótipos sejam personalizados de acordo com a altura de cada participante de pesquisa e entregue para a serem utilizado nos testes de campo, descritos no **(ítem I)**, logo a seguir.

2 - Procedimento: participar dos testes de campo acompanhados pela equipe de pesquisa que serão realizados de 30/05 a 30/08/2022, uma vez por semana com duração prevista de 20 a 30min e a passeios agendados, de acordo com a necessidade do treinamento, a cada participante de pesquisa será entregue gratuitamente o novo protótipo para utilizá-lo durante 2 meses e formar uma opinião sobre o mesmo, a qual será apontada no próximo procedimento, após os procedimentos os protótipos serão de propriedade dos participantes de pesquisa.

Os testes de campo serão realizados individualmente para cada participante de pesquisa, Figura 1, de acordo com as etapas já determinadas pelo projeto de Praticas Educativas para Inclusão Social de Pessoas com Deficiência Visual – PEIS, (ANEXO 1), regido pela Lei n° 7.881 de 2020 (ANEXO 2), em sua área interna e externa, acompanhados com a equipe de pesquisa.

Logo que o participante de pesquisa chegar à Instituição para realizarmos os testes, realizaremos uma palestra para demonstrar o protótipo desenvolvido e falaremos da segurança na utilização sua melhor forma de condução, utilizando a técnica do deslize ou de contato constante, onde a ponteira da bengala sempre estará em contato com a superfície de caminhada e cuidados ao caminhar em área externa.

Logo depois, o participante de pesquisa será convidado a tomar um café, (café, chá, pães, suco, bolacha e fruta) e em seguida fazer seus preparativos costumeiros para se iniciar uma caminha, ex.: beber água, ir ao banheiro, levar uma garrafa de água para a hidratação, etc, dessa maneira poderemos iniciar a caminhada onde o participante de pesquisa será direcionado pela especialista em O&M, a seguir o piso podotátil ou uma linha guia, caso em alguma parte do caminho não tenha o piso podotátil para guia-lo o mesmo será direcionado de acordo com as regras de O&M a se guiar pelas bases dos muros ou pelo desnível entre o meio fio e a calçada de cada participante de pesquisa, para dar uma volta no quarteirão que leva de 20 a 30min, durante todo o percurso a equipe estará de prontidão para evitar qualquer situação que ofereça risco à saúde do participante de pesquisa, durante todo o percurso serão realizadas as paradas para as tomadas de decisões indicadas pelo piso tátil ou linha guia, nesse momento o participante de pesquisa para e faz a varredura do solo com a bengala e faz a identificação de possíveis obstáculos, tais como: desníveis e

rampas, caso nada o impeça de prosseguir ele segue com a caminhada até que o participante de pesquisa vire as quatro esquinas do quarteirão, voltando para a Instituição.

Figura 1 - Mapeamento do percurso pelo aplicativo Strava.



Fonte: do autor – 24/11/2021

Abaixo seguem os comentários relacionados à numeração das imagens do percurso da Figura 2.

1 – Entrada da instituição, 2 – Portão de entrada, início da caminhada monitorada, 3 – Área rebaixada sinalizada pelo piso podotátil na área de travessia, 4 – Caminho planejado para manter a linha guia constante, 5 – Caminho sem riscos até a primeira esquina, com linha guia, 6 – Esquina com caminho liberado, com linha guia, 7 – Caminho sem dificudades, apresenta limha guia, 8 - Fresta no piso, gerando risco ao deficiente visual, 9 – Calçada desviada para a passagem de cadeirantes, passagem estreitas entre o poste e o muro, latão de lixo acima da altura de detecção da bengala, risco de batida, 10 - Área rebaixada sinalizada pelo piso podotátil na área de travessia, 11 – Buraco no piso, gerando risco ao deficiente visual, 12 – Passagem estreita entre o poste e o muro, fios quebrados e latão de lixo gerando riscos ao deficiente visual,

13 - Área rebaixada sinalizada pelo piso podotátil na área de travessia e linha guia até o muro, 14 – Início da área livre ao centro do passeio, 15 – Latão de lixo acima da altura de detecção da bengala, risco de batida, 16 – Desnivel na área livre risco de "agarre", topar a ponteira da bengala, gerando risco ao deficiente visual, 17 – Fios quebrados invadindo a área livre, gerando riscos ao deficiente visual, 18 - Desnivel na área livre risco de "agarre", topar a ponteira da bengala, gerando risco ao deficiente visual,19 – Caminho livre na área livre, 20 – Final da área livre, inicio de piso podotátil para guiar o deficiente visual até a próxima linha guia, 21 - Área rebaixada sinalizada pelo piso podotátil na área de travessia, 22 – 3° esquina guiada pelo piso podotátil, 23 – Passagem entre o poste e o muro, 24 – Planta próximo a linha da cabeça, área não mepeada pela bengala gerando risco ao deficiente visual, 25 – Final do muro e início do piso podotátil, 26 - Área rebaixada sinalizada pelo piso podotátil na área de travessia, 27 – Área critica, não existe sinalização para indicar o desvio para a área fora da calçada, gerando risco ao deficiente visual, 28 – Caminho desviado usando a via pública dos automóveis, área de risco para o deficiente visual, presença de linha guia (meio fio), 29 – 4° esquina, área livre sem riscos, 30 - Área rebaixada sinalizada pelo piso podotátil na área de travessia, 31 – Três buracos para plantar árvres na calçada, gerando riscos ao deficiente visual, 32 - Desnivel na calçada gerando risco de "agarre", topar a ponteira da bengala, gerando risco ao deficiente visual, 33 – Mato invadindo a área de caminhada, acima da área mapeada pela bengala, 34 – Final da caminhada, rampa de entrada da Instituição.

*Rubrica do Participante:*_____ *Rubrica do Pesquisador:*_____

Figura 2 - Imagens do percurso.

			
1	2	3	4
			
5	6	7	8
			
9	10	11	12
			
13	14	15	16
			
17	18	19	20

			
21	22	23	24
			
25	26	27	28
			
29	30	31	32
			
33	34		

O percurso percorrido com caminhada com passos lentos para simular a velocidade média 1,20 m/s, de uma pessoa deficiente visual, acompanhado pelo App, Strava, velocidade média de 3,3 km/h (0,92 m/s).

Durante o percuso o participante de pesquisa será avisado para seguir uma linha guia, podendo ser a mesma: a base do muro, o piso podotátil, o meio fio, as laterais da área livre, pois mesmo sendo um quarteirão que sofreu uma reforma baseada na norma ABNT – NBR 9050 2015, monitorada pela Engenheira

Civil e Arquiteta da Instuição a mesma ainda apresenta algumas dificuldades a serem superadas pelos deficientes visuais

3 - **Procedimento:** o participante de pesquisa deverá responder ao questionário referente ao grau de satisfação no uso da nova bengala branca OMNI, (APENDICE 2), a ser realizado na **Escola Estadual Vereador Antônio de Ré**, em sala de aula, o questionário será simples e para seu preenchimento será solicitado que alguém de sua confiança (testemunha), lhe ajude com essa tarefa, este questionário será realizado de 31/08 a 13/09/2022.

Se eu aceitar participar, quais os Riscos e Desconfortos envolvidos?

Todo o quarteirão de circunda a Escola e a Subsecretaria passou por uma reforma recente para atender a norma de acessibilidade a edificações ABNT - NBR 9050-2015, onde houveram algumas melhorias internas e externas às edificações, tais como: internas – rampas com inclinações suaves, edificação somente térrea na subsecretaria, banheiros acessíveis, balcões acessíveis, etc, externas - colocação de piso podotátil na calçada, calçadas com piso continuo, sem desníveis ou rachaduras ou raízes de árvores à mostra, rampas de acesso com inclinações suaves, etc. Além disso as instituições treinam seus funcionários para dar pronto atendimento ao público em geral e também às pessoas com necessidades especiais.

O participante de pesquisa deste estudo ficará ciente que durante todo o processo o mesmo estará exposto à riscos inerentes a qualquer caminhada empreendida em espaços fechados ou abertos, tais como: mesas e cadeiras ou qualquer outro móvel que possa ser um obstáculo ao seu deslocamento, inclinações no piso, mesmo que pequena podem provocar desequilíbrio, possíveis tropeços ou até quedas, desconforto físico ou mental, pois mesmo que seja um percurso pequeno e tempo curto o mesmo será submetido estresse e ansiedade gerada pelo novo desafio a que será exposto.

Mesmo que este seja um local já conhecido pelo participante de pesquisa (você), local que oferece o mínimo de riscos se comparado a qualquer ambiente social da cidade, onde nem mesmo os móveis são trocados de lugar ou quando isso ocorre todos os deficientes são avisados, para evitar tropeços e acidentes.

Ao participar deste estudo, você pode sentir um leve desconforto durante a execução da caminha. Se sentir qualquer coisa, avise imediatamente aos integrantes da equipe de pesquisa. Para garantir sua segurança, todos da equipe que estarão com você estão habilitados para ajudá-lo no que for preciso. Você também irá participar de uma reunião para levantamento de propostas de melhorias para a nova bengala branca, um teste de campo como a nova bengala branca proposta e um questionário de satisfação da utilização da nova bengala branca. Sinta-se à vontade para responder cada pergunta no seu tempo e apenas quando se sentir seguro. Você não é obrigado(a) a responder a todas as perguntas da pesquisa e caso tenha qualquer dúvida ou qualquer problema, basta comunicar-se com a equipe que estará lhe acompanhando.

Será garantido o direito à assistência integral e gratuita ao participante, devido a danos decorrentes da participação na pesquisa e pelo tempo que for necessário (Resolução CNS nº 466 de 2012, itens II.3.1 e II. 3.2).

Se eu aceitar participar do estudo, terei algum benefício?

Os participantes de pesquisa deste estudo ficarão cientes que os procedimentos contribuirão para o desenvolvimento de um instrumento básico de movimentação bengala branca com modificações sutis, mas que trará muitos benefícios à toda comunidade de deficientes visuais, pois será uma nova opção no mercado que pode atender de maneira mais eficaz as necessidades dos usuários.

Os participantes de pesquisa também ficarão com a bengala branca que fez parte dos procedimentos de teste, pois a mesma será personalizada para ele de acordo com sua altura.

A ponteira da bengala branca com a proposta omnidirecional, terá uma vida útil maior, isso aumentará os prazos com sua manutenção e trocas, impactando diretamente no valor gasto com o equipamento ao longo de sua vida útil.

A bengala branca OMNI, proposta terá seu preço de mercado reduzido em 50% da bengala branca comum vendida no varejo.

A ponteira omnidirecional proporcionará uma nova possibilidade inexistente na bengala branca comum, pois a mesma não terá o "agarre", que impede seu deslocamento quando a mesma bate em um desnível no piso. Essa ponteira terá a capacidade de ultrapassar com facilidade desníveis de 22,5mm, o que representa 50% de altura em relação ao seu diâmetro que será de 45mm.

Essa nova proposta trás melhorias praticamente imperceptíveis aos olhos, porém significativas para a ferramenta básica de deslocamento, mais aceita entre a comunidade de deficientes visuais, promovendo melhorias na sua qualidade de vida e mantendo a discrição no seu deslocamento.

Se eu aceitar participar, quais os meus direitos?

Se depois de ler este Termo de Consentimento Livre e Esclarecido até o final, ou ele ter sido lido para você por alguém, e ter todas as explicações dadas pelo(s) pesquisador(es) e todas as dúvidas sanadas por este(s) você aceitar participar do estudo, deverá assinar as duas vias deste documento, entregar uma para o pesquisador e levar outra para casa. Se precisar de mais tempo, você poderá levar este Termo para casa para revisar e discutir com a sua família ou que outras pessoas que possam te ajudar na decisão. Ao participar dessa pesquisa você não estará abrindo mão de seus direitos, incluindo o direito de pedir indenização e assistência a que legalmente tenha direito.

Vou ser pago para participar deste estudo?

A sua participação nesse estudo é voluntária, ou seja, você não será pago para participar dele. No entanto, você não terá quaisquer gastos ao participar desta pesquisa. Nos dias em que tiver que comparecer para participar da pesquisa, você e seu acompanhante, quando necessário, serão reembolsados por todas as despesas relacionadas à alimentação e ao transporte, quando aplicável.

Vou ter minha identidade mantida em segredo?

Durante sua participação, a equipe envolvida nesta pesquisa coletará algumas informações pessoais suas. Essas informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa. Todos os dados coletados durante o estudo serão identificados através de suas iniciais, número de seleção e número do participante, ou de outra forma que não seja possível saber quem você é, garantindo a sua confidencialidade e o sigilo nas informações coletadas. Nenhum dado capaz de identificá-lo será publicado. Sua identidade será mantida em segredo quando os resultados do estudo forem publicados. Ao documentar os resultados deste estudo, garantimos também o sigilo de sua identidade. O acesso às suas informações pessoais, assim como todos os documentos do estudo que o(a) identificarem, serão mantidos em sigilo, conforme exigido pelas normas brasileiras. Se algum dado for relatado em publicações ou discussões científicas, você não será em momento algum identificado(a).

*Rubrica do Participante:*_____ *Rubrica do Pesquisador:*_____

Pesquisadores Responsáveis: Claudemir Claudino Alves / Silvia Cristina Martini

Instituição a que pertencem os Pesquisadores: Universidade de Mogi das Cruzes

Telefone para contato:

(11) 9 7391 9437 – email: claudemirclaudino@gmail.com

(16) 9 9115 1890 – email: silviacmr.rodrigues@gmail.com

➔**INSTITUIÇÃO ONDE SERÁ REALIZADA A PESQUISA:** Secretaria de Acessibilidade e Inclusão – SAI.

Responsável: Subsecretário - Gilberto Nogueira Penido

Endereço: Rua Alberto Hinoto Bento, 49

Bairro: Macedo. Guarulhos – SP

CEP: 07197-140

Tel: (11) 2414-3685 ou 2422-7376

➔**INSTITUIÇÃO QUE TAMBÉM FARÁ PARTE DA PESQUISA** - Associação de Deficientes Visuais de Guarulhos – ADEVIG, **sem sede própria.**

Responsável: Presidente - Ewerton dos Santos Lourenço Teles

Endereço: Gravataí, 404

Bairro: Jardim Jovaia – Guarulhos - SP

CEP: 07132 - 170

Tel: (11) 2414 - 3685

Claudemir Claudino Alves:

- Engenheiro Mecânico, Especialista em Gerência da Manutenção, Mestre em Automação Industrial e Robótica, Curso de Introdução à Orientação e Mobilidade – (O&M), Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Guarulhos – IFSP-GRU.

Fernanda de Oliveira Nascimento:

- Educadora de Trânsito, Psicóloga e Técnica em Orientação e Mobilidade – (O&M).

Mesmo tendo aceitado, posso desistir posteriormente de participar deste estudo?

Você não é obrigado(a) a participar desta pesquisa. Você pode optar por não participar, ou deixar o estudo a qualquer momento. A sua decisão não implicará em quaisquer penalidades ou perda de benefícios que tenha por direito. Além disso, o pesquisador responsável poderá, em alguma eventualidade, interromper o estudo a qualquer momento. Neste caso ele deverá notificar você após ter informado o **Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Mogi das Cruzes,** que avaliou e aprovou o estudo.

Em casos de dúvidas para quem eu devo ligar?

Em caso de quaisquer perguntas, preocupações ou reclamações com relação aos seus direitos como participante do estudo, você poderá entrar em contato com o **Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade de Mogi das Cruzes, Av. Dr. Cândido Xavier de Almeida e Souza nº 200 – Mogi das Cruzes /SP - Cep: 08780-911 Tel/Fax: (011) 4798-7085, E-mail: cep@umc.br, horário de funcionamento: segunda a sexta-feira, das 12 às 18h.** Caso se faça necessário direcionamento do problema a instâncias superiores, você poderá **entrar** em contato diretamente com a **CONEP – Comissão Nacional de Ética em Pesquisa, pelo telefone (61)3315-5877 ou pelo e-mail conep@saude.gov.br.**

*Rubrica do Participante:*_____ *Rubrica do Pesquisador:*_____

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

TERMO DE ACEITE

Eu, _____, declaro que concordo em participar desta pesquisa.

_____ _____

Assinatura do participante da pesquisa *Data*

_____ _____

* Uma testemunha será necessária se o sujeito não puder ler (por exemplo, se for cego ou analfabeto) ou se for indicado pelo plano do estudo. A testemunha deverá participar de toda a discussão do consentimento do participante. Ao assinar este termo, a testemunha garante que as informações contidas neste termo foram explicadas ao participante, que ele entendeu o que foi explicado a ele e que ele decidiu participar do estudo por vontade própria.

_____

Nome do pesquisador que aplicou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

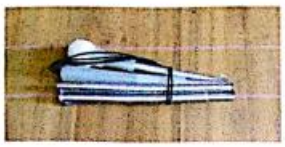
_____ _____

Assinatura do pesquisador que aplicou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido *Data*

Este documento foi formulado em acordo com a resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde e carta circular nº 51 - SEI/2017-CONEP/SECNS/MS - 28/09/2017.

Rubrica do Participante: _____ *Rubrica do Pesquisador:* _____

APÊNDICE 2 – FORMULÁRIO DE ACOMPANHAMENTO DE BRAINSTORMING – E SEU PASSO A PASSO



Brainstorming

Gerando ideias em equipe!

Melhoria de Bengala branca	Guarulhos	Data: ___ / ___ / ___
Grupo Controle		
TEMA: COMO MELHORARMOS A BENGALA BRANCA PARA DEFICIENTES VISUAIS		

Formulário de registro das ideias geradas no brainstorming

	Ideia sugerida	Classificação
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		
19		
20		



Brainstorming

Gerando ideias em equipe!

Melhoria de Bengala branca	Guarulhos	Data: 16/03/22.
Grupo Controle		

TEMA: COMO MELHORARMOS A BENGALA BRANCA PARA DEFICIENTES VISUAIS

Formulário de registro das ideias geradas no brainstorming

	Ideia sugerida	Classificação
1	Fácil manusio - dobrável;	
2		
3	Material da ponteira mais durável;	
4		
5	Custo acessível;	
6		
7	Cabo com material mais fácil de	
8		
9	ser limpo;	
10		
11	Elástico de Boa Qualidade;	
12		
13	Facilita a troca de Ponteira;	
14		
15	Tenha dessa mais leve - Menor Peso;	
16		
17	Tubos - com encaixe que facilita o desarme;	
18		
19	Ponteira colorida. Segurança	
20		

OBS: no final da nova reunião, selecionamos as ideias que serão aplicadas /desenvolvida no projeto.

Brainstorming: passo-a-passo para aplicação

1. Defina o tema do brainstorming, ou seja, o que se quer alcançar ou resolver objetivamente;

2. Defina a equipe de trabalho, quanto mais diversificada melhor, grupos interdisciplinares apresentam ideias mais abrangentes;

3. Eleja o facilitador do método, o papel deste e fazer com que todos estejam alinhados, concentrados e participando ativamente;

4. Estabeleça o tempo máximo de duração da sessão de geração de ideias, delegue alguém para controlar o tempo;

5. Distribua folhas de papel A4 ou *post-it* juntamente com uma caneta para os participantes realizarem as anotações de suas ideias;

6. Conceda alguns minutos para que todos pensem sobre o tema e certifique-se de que os participantes estejam conectados com o objetivo da reunião;

7. Inicie o trabalho, libere um tempo de cerca de 15 minutos (depende da complexidade do tema) para que os participantes em silencio anotem o maior número possível de ideias;

8. Recolha as anotações de cada participante e transcreva as ideias numa folha de *flipchart*, quadro branco ou até mesmo em uma planilha projetada de forma que todos possam vê-las;

9. Elimine as duplicidades. Se duas ou mais ideias parecem ser a mesma coisa, você deve combiná-las ou eliminar as duplicatas;

10. Leia para o grupo todas as ideias geradas e em caso de duvidas pergunte ao autor e peça que explique melhor o contexto e objetivo de sua ideia;

11. Faça a seleção das melhores ideias através de uma matriz de priorização;

12. Elabore um plano de ação para implementar e aprimorar as melhores ideias no processo empresarial;

13. Forneça a equipe participante um feedback sobre o resultado final do brainstorming e mostre como suas contribuições foram valiosas.

APÊNDICE 3 – QUESTIONÁRIO PARA AVALIAR O GRAU DE SATISFAÇÃO AO USO DA NOVA BENGALA BRANCA DE ACORDO COM O - SYSTEM USABILITY SCALE (SUS)

QUESTIONÁRIO PARA AVALIAR O GRAU DE SATISFAÇÃO AO USO DA NOVA BENGALA BRANCA OMNI

1 – Dados pessoais

Nome: Idade:

1 – Eu acho que gostaria de usar essa nova bengala branca OMNI com frequência.

☐ CONCORDO PLENAMENTE ☐ CONCORDO ☐ NEM CONCORDO NEM DISCORDO ☐ DISCORDO ☐ DISCORDO PLENAMENTE	Comentários (se houver) - _____ _____ _____ _____

2 – Eu acho a bengala branca OMNI desnecessariamente complexa.

☐ CONCORDO PLENAMENTE ☐ CONCORDO ☐ NEM CONCORDO NEM DISCORDO ☐ DISCORDO ☐ DISCORDO PLENAMENTE	Comentários (se houver) - _____ _____ _____ _____

3 – Eu achei a nova bengala branca OMNI fácil de usar.

☐ CONCORDO PLENAMENTE ☐ CONCORDO ☐ NEM CONCORDO NEM DISCORDO ☐ DISCORDO ☐ DISCORDO PLENAMENTE	Comentários (se houver) - _____ _____ _____ _____

4 – Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar a nova bengala branca OMNI.

☐ CONCORDO PLENAMENTE ☐ CONCORDO ☐ NEM CONCORDO NEM DISCORDO ☐ DISCORDO ☐ DISCORDO PLENAMENTE	Comentários (se houver) - _____ _____ _____ _____

5 – Eu acho que as várias partes da nova bengala branca OMNI estão muito bem elaboradas.

☐ CONCORDO PLENAMENTE ☐ CONCORDO ☐ NEM CONCORDO NEM DISCORDO ☐ DISCORDO ☐ DISCORDO PLENAMENTE	Comentários (se houver) - _____ _____ _____ _____

6 – Eu acho que a nova bengala branca OMNI apresenta muita inconsistência.

☐ CONCORDO PLENAMENTE ☐ CONCORDO ☐ NEM CONCORDO NEM DISCORDO ☐ DISCORDO ☐ DISCORDO PLENAMENTE	Comentários (se houver) - _____ _____ _____ _____

7 – Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar a nova bengala branca OMNI rapidamente.

☐ CONCORDO PLENAMENTE ☐ CONCORDO ☐ NEM CONCORDO NEM DISCORDO ☐ DISCORDO ☐ DISCORDO PLENAMENTE	Comentários (se houver) - _____ _____ _____ _____

8 – Eu achei a nova bengala branca OMNI atrapalhada de usar.

☐ CONCORDO PLENAMENTE ☐ CONCORDO ☐ NEM CONCORDO NEM DISCORDO ☐ DISCORDO ☐ DISCORDO PLENAMENTE	Comentários (se houver) - _____ _____ _____ _____

9 – Eu me senti confiante ao usar a nova bengala branca OMNI.

☐ CONCORDO PLENAMENTE ☐ CONCORDO ☐ NEM CONCORDO NEM DISCORDO ☐ DISCORDO ☐ DISCORDO PLENAMENTE	Comentários (se houver) - _____ _____ _____ _____

10 – Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar a nova bengala branca OMNI.

☐ CONCORDO PLENAMENTE ☐ CONCORDO ☐ NEM CONCORDO NEM DISCORDO ☐ DISCORDO ☐ DISCORDO PLENAMENTE	Comentários (se houver) - _____ _____ _____ _____

Fonte: https://medium.com/design-contaazul/medindo-a-usabilidade-do-seu-produto-com-system-usability-scale-sus-3956612d9229 **- acesso: 26/11/2021**

APÊNDICE 4 – TERMO DE ACEITE

COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA
UNIVERSIDADE DE MOGI DAS CRUZES

TERMO DE ACEITE

Eu, _____, declaro que concordo em participar desta pesquisa.

_____ _____

Assinatura do participante da pesquisa *Data*

_____ _____

* Uma testemunha será necessária se o sujeito não puder ler (por exemplo, se for cego ou analfabeto) ou se for indicado pelo plano do estudo. A testemunha deverá participar de toda a discussão do consentimento do participante. Ao assinar este termo, a testemunha garante que as informações contidas neste termo foram explicadas ao participante, que ele entendeu o que foi explicado a ele e que ele decidiu participar do estudo por vontade própria.

_____

Nome do pesquisador que aplicou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

_____ _____

Assinatura do pesquisador que aplicou o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido *Data*

Este documento foi formulado em acordo com a resolução 466/12 do Conselho Nacional de Saúde e carta circular nº 51 - SEI/2017-CONEP/SECNS/MS - 28/09/2017.

Rubrica do Participante: _____ *Rubrica do Pesquisador:* _____

APÊNDICE 5 – QUESTIONÁRIO PARA AVALIAR O GRAU DE SATISFAÇÃO AO USO DA BENGALA BRANCA OMNI – SEGUNDA AVALIAÇÃO

QUESTIONÁRIO PARA AVALIAR O GRAU DE SATISFAÇÃO AO USO DA NOVA BENGALA BRANCA OMNI – segunda avaliação

Nome: Idade:

1 – Eu acho que gostaria de usar essa nova bengala branca OMNI com frequência.

☐ CONCORDO PLENAMENTE ☐ CONCORDO ☐ NEM CONCORDO NEM DISCORDO ☐ DISCORDO ☐ DISCORDO PLENAMENTE	Comentários (se houver) - _____ _____ _____ _____

2 – Eu acho a bengala branca OMNI desnecessariamente complexa.

☐ CONCORDO PLENAMENTE ☐ CONCORDO ☐ NEM CONCORDO NEM DISCORDO ☐ DISCORDO ☐ DISCORDO PLENAMENTE	Comentários (se houver) - _____ _____ _____ _____

3 – Eu achei a nova bengala branca OMNI fácil de usar.

☐ CONCORDO PLENAMENTE ☐ CONCORDO ☐ NEM CONCORDO NEM DISCORDO ☐ DISCORDO ☐ DISCORDO PLENAMENTE	Comentários (se houver) - _____ _____ _____ _____

4 – Eu acho que precisaria de ajuda de uma pessoa com conhecimentos técnicos para usar a nova bengala branca OMNI.

☐ CONCORDO PLENAMENTE ☐ CONCORDO ☐ NEM CONCORDO NEM DISCORDO ☐ DISCORDO ☐ DISCORDO PLENAMENTE	Comentários (se houver) - _____ _____ _____ _____

5 – Eu acho que as várias partes da nova bengala branca OMNI estão muito bem elaboradas.

☐ CONCORDO PLENAMENTE ☐ CONCORDO ☐ NEM CONCORDO NEM DISCORDO ☐ DISCORDO ☐ DISCORDO PLENAMENTE	Comentários (se houver) - _____ _____ _____ _____

Rubrica do Participante: _____ *Rubrica do Pesquisador:* _____

6 – Eu acho que a nova bengala branca OMNI apresenta muita inconsistência.

☐ CONCORDO PLENAMENTE ☐ CONCORDO ☐ NEM CONCORDO NEM DISCORDO ☐ DISCORDO ☐ DISCORDO PLENAMENTE	Comentários (se houver) - _____ _____ _____ _____

7 – Eu imagino que as pessoas aprenderão como usar a nova bengala branca OMNI rapidamente.

☐ CONCORDO PLENAMENTE ☐ CONCORDO ☐ NEM CONCORDO NEM DISCORDO ☐ DISCORDO ☐ DISCORDO PLENAMENTE	Comentários (se houver) - _____ _____ _____ _____

8 – Eu achei a nova bengala branca OMNI atrapalhada de usar.

☐ CONCORDO PLENAMENTE ☐ CONCORDO ☐ NEM CONCORDO NEM DISCORDO ☐ DISCORDO ☐ DISCORDO PLENAMENTE	Comentários (se houver) - _____ _____ _____ _____

9 – Eu me senti confiante ao usar a nova bengala branca OMNI.

☐ CONCORDO PLENAMENTE ☐ CONCORDO ☐ NEM CONCORDO NEM DISCORDO ☐ DISCORDO ☐ DISCORDO PLENAMENTE	Comentários (se houver) - _____ _____ _____ _____

10 – Eu precisei aprender várias coisas novas antes de conseguir usar a nova bengala branca OMNI.

☐ CONCORDO PLENAMENTE ☐ CONCORDO ☐ NEM CONCORDO NEM DISCORDO ☐ DISCORDO ☐ DISCORDO PLENAMENTE	Comentários (se houver) - _____ _____ _____ _____

Fonte: https://medium.com/design-contaazul/medindo-a-usabilidade-do-seu-produto-com-system-usability-scale-sus-3956612d9229 - **acesso: 26/11/2021**

Data: ___/ ___/ ___

Rubrica do Participante: _____ *Rubrica do Pesquisador:* _____

AUTORIZAÇÃO PARA REPRODUÇÃO

Eu, Claudemir Claudino Alves, aluno da UMC, RGM 96255 - 0, CPF 125 584 058 - 70, autor da Tese intitulada: DESENVOLVIMENTO DE BENGALA BRANCA MECÂNICA PARA DEFICIENTES VISUAIS COM PONTEIRA OMNIDIRECIONAL ESFÉRICA, COM ROTAÇÕES PARA DIREITA, ESQUERDA, FRENTE E TRÁS, apresentado em 15 de junho de 2023, ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Biomédica – Nível de Doutorado, autorizo que ela seja reproduzida total ou parcialmente, desde que citada a fonte.

Mogi das Cruzes, 06 de agosto, de 2023.



Assinatura do autor