

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo desta será disponibilizado somente a partir de 02/03/2022.

GERALDO CÉSAR ROSÁRIO DE OLIVEIRA

Desenvolvimento de um elevador assistivo para pessoas com mobilidade reduzida

Geraldo César Rosário de Oliveira

Desenvolvimento de um elevador assistivo para pessoas com mobilidade reduzida

Dissertação apresentada à Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, para obtenção do título de mestre em Engenharia Mecânica na área de projetos

Orientador: Prof. Dr. Fernando de Azevedo Silva

Co-orientador: Prof. Dr. Víctor Orlando Gamarra Rosado

O48d Oliveira, Geraldo Cesar Rosario de
Desenvolvimento de um elevador assistivo para pessoas com mobilidade reduzida / Geraldo Cesar Rosario de Oliveira – Guaratinguetá, 2020.
107 f : il.
Bibliografia: f. 90-94

Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2020.
Orientador: Prof. Dr. Fernando de Azevedo Silva
Coorientador: Prof. Dr. Victor Orlando Gamarra Rosado

1. Elevadores. 2. Equipamentos de autoajuda para deficientes. 3. Acessibilidade. I. Título.

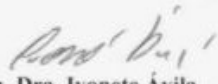
CDU 621.876(043)

GERALDO CESAR ROSÁRIO DE OLIVEIRA

ESTA DISSERTAÇÃO FOI JULGADA ADEQUADA PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
"MESTRE EM ENGENHARIA MECÂNICA"

PROGRAMA: ENGENHARIA MECÂNICA
ÁREA: PROJETOS

APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO


Prof. Dra. Ivonete Ávila
Coordenadora

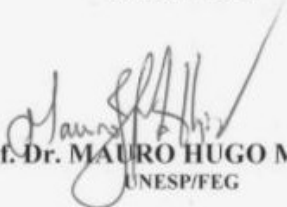
BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. FERNANDO DE AZEVEDO SILVA
Orientador/UNESP/FEG



Prof. Dr. LUIS CARLOS PASCHOARELLI
UNESP/BAURU



Prof. Dr. MAURO HUGO MATHIAS
UNESP/FEG

Marcço de 2020

DADOS CURRICULARES

GERALDO CÉSAR ROSÁRIO DE OLIVEIRA

NASCIMENTO	17.09.1985 - Guaratinguetá / SP
FILIAÇÃO	Júlio César de Oliveira Maria Benedita Rosário de Oliveira
2010/2017	Curso de Graduação em Engenharia Mecânica Universidade Estadual Paulista, Campus de Guaratinguetá
2018/2019	Curso de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica, nível de Mestrado Universidade Estadual Paulista, Campus de Guaratinguetá

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, Prof. Dr. Fernando de Azevedo Silva e Prof. Dr. Victor Orlando Gamarra Rosado, que jamais deixaram de me incentivar e por todo o tempo disponibilizado e paciência para atender minhas dúvidas. Sem as vossas orientações, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível.

Aos meus pais e à minha irmã que, apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram meus estudos.

Aos funcionários da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá pela ajuda e atendimento.

Às funcionárias da Biblioteca do Campus de Guaratinguetá pela dedicação, presteza e principalmente pela vontade de ajudar.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior- Brasil (CAPES) - código de financiamento 001.

RESUMO

Tecnologia Assistiva descreve a criação de recursos tecnológicos para ajudar no desempenho funcional ou ampliando a acessibilidade e habilidades de pessoas com mobilidade reduzida. Esta tecnologia é fundamental para a integração desses indivíduos à sociedade e consequentemente trazer melhorias em sua qualidade de vida. No mercado nacional são encontrados elevadores, assistivos ou não, porém a grande maioria população não pode adquirir este produto devido ao elevado custo de aquisição e manutenção, e/ou inviabilidades devido às limitações do ambiente no local de instalação. Deste modo, na busca de soluções a baixo custo, otimização do espaço, confiabilidade e segurança, seguindo as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas ABNT NBR ISO 9386-1, ABNT NBR ISO 9386-2 e ABNT NBR 9050, relacionadas com acessibilidade, edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos, propõe se neste estudo o dimensionamento de um elevador assistivo. Este elevador assistivo somente poderá ser utilizado por pessoas com deficiência, usuários de cadeiras de rodas e pessoas com mobilidade reduzida juntos de um acompanhante. O sistema de transmissão porca-fuso e a estrutura mecânica utilizados neste elevador vertical também poderão ser utilizados numa plataforma de acessibilidade tipo plano inclinado.

PALAVRAS-CHAVE: Elevador assistivo. Usuário de cadeira de rodas. PcD. Tecnologia assistiva. Pessoas com mobilidade reduzida.

ABSTRACT

Assistive Technology is a term that describes the creation of technological resources to assist in functional performance or to increase accessibility and skills of people with reduced mobility. This technology is of great importance for the integration of these individuals with society and consequently improvements in their quality of life. There are elevators in the national market, assistive or not, but the vast majority of wheelchair users are unable to purchase this product due to the high cost of purchase and maintenance, and / or unfeasibility due to physical limitations at the place of installation. Thus, in the search for low cost solutions, space optimization, reliability and safety, following the updated accessibility standards of the Brazilian Association of Technical Standards ABNT NBR ISO 9386-1, ABNT NBR ISO 9386-2 and ABNT NBR 90 related to accessibility, buildings, furniture, spaces and urban equipment, this study proposes the dimensioning of an assistive elevator. This assistive lift can only be used by people with disabilities, wheelchair users and people with reduced mobility together with a companion. The spindle-nut transmission system and the mechanical structure used in this vertical lift can also be used on an inclined plane accessibility platform.⁵⁰, related to accessibility, buildings, furniture,

KEYWORDS: Assistive lift. Wheelchair user. PwD. Assistive technology. People with reduced mobility

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Plataforma tipo plano inclinado.....	22
Figura 2 - Sistema pinhão cremalheira.....	22
Figura 3 - Sistema movido por correntes.....	23
Figura 4 - Esquema simplificado de um relé.....	25
Figura 5 - Componentes de um contator.....	26
Figura 6 - Esquema de funcionamento do sensor fim de curso.....	26
Figura 7 - Local de instalação do sensor fim de curso.....	27
Figura 8 - Sensor tipo cortina de luz.....	27
Figura 9 - Área útil monitorada pela cortina de luz.....	28
Figura 10 - Fechadura com solenóide.....	29
Figura 11 - Funcionamento do solenóide.....	29
Figura 12 - Fixação da fechadura na porta.....	30
Figura 13 - Arduino Uno R3.....	31
Figura 14 - Seleção do modelo da placa.....	32
Figura 15 - Seleção de porta serial.....	32
Figura 16 - Módulo de reconhecimento de voz VR3.....	33
Figura 17 - Módulo com quatro relés.....	33
Figura 18 - Diagrama do circuito elétrico de potência.....	34
Figura 19 - Montagem do circuito do Arduíno.....	34
Figura 20 - Modulo de automação por controle remoto.....	35
Figura 21 - Circuito de subida do elevador.....	36
Figura 22 - Circuito de descida do elevador.....	36
Figura 23 - Fuso trapezoidal.....	38
Figura 24 - Porca selecionada.....	39
Figura 25 - Motor Redutor modelo 050.....	41
Figura 26 - Acoplamento de pino e bucha TeTeFlex Plus®.....	43
Figura 27 - Desalinhamentos no acoplamento.....	43
Figura 28 - Condições de trabalho e velocidade do eixo.....	45
Figura 29 - Vista da montagem do rolamento inferior no suporte em corte.....	46
Figura 30 - Vista da montagem do rolamento superior no suporte em corte.....	47
Figura 31 - Modelos de guias lineares e patins.....	48
Figura 32 - Guia linear modelo LAH35ANZ com patins.....	48

Figura 33 - Distância do centro de massa do sistema e o ponto de aplicação de força (A) e distância vertical entre os centros dos patins (B)	50
Figura 34 - Ligação elétrica do inversor de tensão a bateria de corrente contínua.	51
Figura 35 - Carregador de bateria integrado.....	51
Figura 36 - Limitadores de percurso final.	52
Figura 37 - Barra transversal da plataforma.	53
Figura 38 - Junção das Barras transversais e longitudinais da plataforma.....	54
Figura 39 - Barras longitudinais.	54
Figura 40 - Perfil de alumínio retangular.	55
Figura 41 - Perfil de alumínio <i>Openbuilds</i>	55
Figura 42 - Viga perfil "I" com destaque na modificação para o sistema de transmissão.	56
Figura 43 - Configuração vertical.....	57
Figura 44 - Configuração para plano inclinado.	57
Figura 45 - Modelos desenvolvidos: elevador tipo plano inclinado e elevador vertical.	58
Figura 46 - Disco espaçador posicionado para montagem em inclinação de 135°.....	58
Figura 47 - Cotas da furação dos patins.	59
Figura 48 - Montagem do espaçador retangular na estrutura.	59
Figura 49 - Cabina do elevador.	60
Figura 50 - Ferramenta utilizada na simulação da estrutura.....	61
Figura 51 - Carregamento nas estruturas de elevação e regiões das restrições em destaque. ..	62
Figura 52 - Parâmetros de malha aplicados nas estruturas.....	63
Figura 53 - Resultados da divisão automática de elementos e nós.....	64
Figura 54 - Materiais utilizados na estrutura disponíveis no programa.	65
Figura 55 - Restrições aplicadas na base do fuso.	66
Figura 56 - Carregamento aplicado ao fuso.....	66
Figura 57 - Restrições aplicadas nas faces da porca.....	67
Figura 58 - Carregamento aplicado nas faces dos dentes da porca.	67
Figura 59 - Montagem do protótipo real da estrutura em alumínio.....	68
Figura 60 - Elementos de um extensômetro.....	69
Figura 61 - Transdutor.	69
Figura 62 - Identificação dos terminais do transdutor.	70
Figura 63 - Deslocamento da extremidade livre da viga engastada sob carregamento.....	71
Figura 64 - Esquema simplificado da interação transdutor-plataforma	71
Figura 65 - Contato entre o transdutor e o protótipo com a esfera em destaque.....	72

Figura 66 - Gráfico gerado pelo programa Catman® durante aquisição de dados.	73
Figura 67 - Plataforma carregada com cilindros de aço.	74
Figura 68 - Regiões de aplicação das restrições no protótipo.	75
Figura 69 - Regiões de aplicação do carregamento no protótipo.	76
Figura 70 - Fusão com detalhes dos filetes de rosca.	77
Figura 71 - Deslocamento na base do elevador, estrutura em corte.	78
Figura 72 - Coeficiente de segurança na base do elevador, estrutura em corte.	79
Figura 73 - Tensões atuantes na base do elevador, estrutura em corte.	80
Figura 74 - Deformações na base do elevador, estrutura em corte.	81
Figura 75 - Coeficiente de segurança, tensão, e deformação no fusão.	83
Figura 76 - Coeficiente de segurança e tensão na porca.	84
Figura 77 - Resultados do estudo numérico no protótipo de alumínio.	85
Figura 78 - Plataforma de plano inclinado e elevador.	86
Figura 79 - Montagem do sistema motor nas vistas isométrica, lateral e superior.	87
Figura 80 - Protótipo em escala.	88

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Propriedades do fuso selecionado.	39
Tabela 2 - Propriedades do motor redutor selecionado.	41
Tabela 3- Valores dos fatores listados no catalogo Teteflex.	44
Tabela 4 - Características do acoplamento tamanho D3.	45
Tabela 5 - Propriedades do rolamento axial selecionado.	46
Tabela 6 - Propriedades do rolamento axial selecionado.	47
Tabela 7 - Propriedades dos Patins LAH35ANZ.	48
Tabela 8 - Valores e resultados obtidos das equações 6 e 7.	50
Tabela 9 - Momentos principais de inércia de área no centróide.	55
Tabela 10 - Propriedades da barra de alumínio 6061	70
Tabela 11 - Carregamentos utilizados para a aquisição de dados no protótipo real.	74
Tabela 12 - Valores obtidos na simulação do protótipo de alumínio.	85
Tabela 13 - Valores obtidos na medição experimental do protótipo de alumínio.	85
Tabela 14 - Erro percentual entre os métodos de simulação e experimental.	85

LISTA DE SÍMBOLOS

A	Ampere
C	Capacidade de carga básica no rolamento
C	Carga dinâmica nas guias lineares
c	Contato comum
CA	Corrente alternada
CC	Corrente contínua
d	Distância entre os centros dos patins
dp	Diâmetro primitivo
E	Módulo de elasticidade
F	Força atuando na movimentação do sistema com guias lineares
<i>F</i>	Força atuando na viga
fh	Fator de dureza do material do trilho
<i>fh</i>	Coefficiente de vida de projeto do rolamento para a máquina
fn	Coefficiente de velocidade nas guias lineares
<i>ft</i>	Fator de temperatura do ambiente de trabalho das guias lineares
<i>fw</i>	Fator de carga definido por choque e vibração nas guias lineares
h	Distância do centro de massa do sistema e o ponto de aplicação de força
i	Índice de identificação
I	Momento de inércia de área da seção transversal da viga
I _x , I _y	Momentos principais de inércia de área no centróide
L	Comprimento da viga
<i>L</i>	Vida nominal da guia linear
La	Avanço do parafuso
Mt	Momento torçor no fuso
na	Contato aberto
nf	Contato fechado
p	Potência do motor
<i>P</i>	Carga no rolamento
<i>P_c</i>	Carga calculada nas guias lineares
rpm	Rotações por minuto
S _A	Fator de correção de serviço
S _M	Fator de correção para máquina acionadora
S _t	Fator de correção de temperatura
S _T	Fator de correção de tempo de trabalho
S _{ut}	Tensão última a tração
S _y	Tensão de escoamento
S _Z	Fator de correção de frequência de partida
T _{Kmax}	Torque máximo do acoplamento
T _N	Torque nominal do redutor
w	Carga mínima no sistema com guias lineares
α	Ângulo da hélice do fuso
δ	Deflexão da viga
v	Coefficiente de Poisson
μ	Coefficiente de atrito

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	15
1.1	CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	15
1.2	OBJETIVOS	17
1.3	JUSTIFICATIVA DA ESCOLHA DO TEMA.....	17
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	17
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	19
2.1	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.2	DISPOSITIVOS DE ELEVAÇÃO PARA USUÁRIOS DE CADEIRAS DE RODAS	21
2.2.1	Plataformas de acessibilidade, tipo plano inclinado	21
2.2.2	Elevadores hidráulicos	23
2.2.3	Elevadores tracionados por cabo de aço	23
2.2.4	Elevador movido pelo sistema fuso e porca	24
3	MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1	DISPOSITIVOS ELETROME CÂNICOS UTILIZADOS NA AUTOMAÇÃO DO ELEVADOR	25
3.1.1	Relé	25
3.1.2	Contatores	25
3.1.3	Fim de curso eletromecânico	26
3.1.4	Cortina de luz	27
3.1.5	Fechaduras com solenóide	28
3.2	AUTOMAÇÃO DO SISTEMA COM COMANDO DE VOZ.....	30
3.3	AUTOMAÇÃO DO SISTEMA COM CONTROLE REMOTO	35
3.3.1	Circuito elétrico dos sistemas de automação	35
3.4	DIMENSIONAMENTO E SELEÇÃO DOS COMPONENTES.....	37
3.5	DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA DE TRANSMISSÃO	38
3.6	DIMENSIONAMENTO DO MOTOR REDUTOR	40
3.7	DIMENSIONAMENTO DO ACOPLAMENTO.....	42
3.8	DIMENSIONAMENTO DO ROLAMENTO E GUIAS LINEARES.....	45
3.8.1	Seleção dos rolamentos	45
3.8.2	Seleção das guias lineares	47
3.9	SISTEMA DE EMERGÊNCIA PARA FALTA DE ENERGIA	51
3.10	LIMITADORES DE PERCURSO	52
3.11	MODELAGEM DOS COMPONENTES DA BASE DO ELEVADOR	53
3.11.1	Diferenças entre as configurações vertical e plano inclinado	56

3.11.2	Modelagem da cabina.....	59
3.12	ESTUDO NUMÉRICO NA BASE DO ELEVADOR.....	60
3.13	ESTUDO NO PROTÓTIPO DE ALUMÍNIO	68
3.13.1	Estudo experimental.....	68
3.13.2	Estudo numérico	74
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	77
4.1	RESULTADOS OBTIDOS NOS ESTUDOS NUMÉRICOS E EXPERIMENTAIS	77
4.2	RESULTADOS OBTIDOS COM O DESENVOLVIMENTO DO ELEVADOR, COM A PLATAFORMA ARDUINO, E MONTAGEM DO PROTÓTIPO.....	86
5	CONCLUSÕES	89
	REFERÊNCIAS	Erro! Indicador não definido.
	APÊNDICE A - Programa desenvolvido no Arduino	96
	APÊNDICE B - Elementos de fixação das guias	99
	APÊNDICE C - Orçamento dos equipamentos do elevador e do modelo	101
	APÊNDICE D - Desenhos das peças da estrutura	102

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS

A Tecnologia Assistiva (TA) é fruto da aplicação de avanços tecnológicos em áreas já estabelecidas. É uma disciplina de domínio de profissionais de várias áreas do conhecimento, que interagem para restaurar a função humana. A TA diz respeito à pesquisa, fabricação, uso de equipamentos, recursos ou estratégias utilizadas para potencializar as habilidades funcionais das pessoas com deficiência. A aplicação de TA abrange todas as ordens do desempenho humano, desde as tarefas básicas de auto cuidado até o desempenho de atividades profissionais (BRASIL, 2009).

TA é um elemento-chave para a promoção dos Direitos Humanos, pelo qual as pessoas com deficiência têm a oportunidade de alcançar sua autonomia e independência em todos os aspectos de suas vidas. Para isso é necessária a adoção de medidas que assegurem seu acesso, em bases iguais com as demais pessoas. É preciso que obstáculos e barreiras à acessibilidade sejam identificados e eliminados (BRASIL, 2009).

Ao abordar se a questão da acessibilidade é importante destacar que há de se incluir nessa soma o número de pessoas: com deficiência; idade avançada; gestantes; lactantes e outras pessoas com “mobilidade reduzida” seja ela em caráter permanente ou temporário, nesse escopo trata-se de aproximadamente 43,5% da população brasileira. Ao serem envolvidas as famílias e outras pessoas no seu cuidado e acompanhamento, a cifra pode ultrapassar 70% dos brasileiros (BRASIL, 2009).

A deficiência faz parte da condição humana. Quase todas as pessoas terão uma deficiência temporária ou permanente em algum momento de suas vidas, e aqueles que sobreviverem ao envelhecimento enfrentarão dificuldades cada vez maiores com a funcionalidade de seus corpos (WORLD REPORT ON DISABILITY, 2011).

O ambiente de uma pessoa tem um enorme impacto sobre a experiência e a extensão da deficiência. Ambientes inacessíveis ocasionam deficiência quando atual como barreiras à participação e inclusão dos indivíduos. Os exemplos do possível impacto negativo do ambiente incluem: um indivíduo surdo sem intérprete de língua de sinais; um usuário de cadeira de rodas num prédio sem banheiro ou elevador acessível; uma pessoa cega que usa um computador sem software de leitura de tela (WORLD REPORT ON DISABILITY, 2011).

O ambiente pode ser mudado para melhorar a saúde, evitar incapacidades e melhorar os resultados finais para as pessoas com deficiência. Tais mudanças podem ser implementadas

pela legislação, por mudanças nas políticas públicas, pela construção da capacidade de agir, ou por desenvolvimentos tecnológicos que gerem: acessibilidade do desenho do ambiente construído e do transporte; sinalização para beneficiar pessoas com deficiências sensoriais; Acesso aos serviços de saúde, reabilitação, educação, suporte a vida independente; maiores oportunidades de trabalho e emprego para pessoas com deficiência (WORLD REPORT ON DISABILITY, 2011).

TA é a área do conhecimento responsável por novos recursos tecnológicos para a ampliação da acessibilidade e habilidades de pessoas com mobilidade reduzida. Esses recursos são fundamentais para a integração dos indivíduos com a sociedade ocasionando independência pessoal e conseqüentemente melhorias na qualidade de vida, facilitando a execução de rotinas diárias, ampliando sua mobilidade e reduzindo barreiras. No Brasil grande parte dos imóveis construídos não seguem as exigências do desenho universal, metodologia que apresenta soluções, produtos e ambientes para o uso das pessoas em condições de igualdade, com o respeito à diversidade de cada característica e experiências próprias (JÚNIOR, 2016; BERNARDI, 2007; CORRÊA, 2008).

Poucos são os locais projetados ou adaptados visando facilitar o acesso das pessoas com deficiência (PcD). Entre os obstáculos encontrados com maior frequência estão construções ou prédios com dois ou mais andares ou níveis que utilizam escadas que, em um determinado momento, em função da perda de mobilidade da pessoa ocorre a imposição da limitação de deslocamento.

Assim faz se necessário o uso de tecnologia assistiva e outras ferramentas para reduzir os elementos excludentes gerados por infraestrutura não projetada para a integração dos indivíduos à sociedade conforme Rosado (2004). Uma solução para o problema gerado por imóveis e ambientes com acesso somente com escadas é a adaptação de elevadores assistivos. Para a construção deste equipamento deve ocorrer o planejamento e análise de deformações do produto (ABNT NBR ISO 9386-1; ABNT ISO 9386-2, 2013).

No mercado nacional são encontradas diversas plataformas de elevação, porém a grande maioria das PcD usuários de cadeiras de rodas não pode adquirir este produto devido ao elevado custo de aquisição e manutenção, já que este é um produto importado conforme os fabricantes Concord e Garaventa, (2019). A necessidade de garantir às PcD, usuários de cadeiras de rodas, acessibilidade a escadas em residências e prédios que não dispõem de elevadores, constitui um desafio a ser solucionado pela Engenharia.

5 CONCLUSÕES

O objetivo deste estudo que consiste no dimensionamento de um elevador assistivo que também possa ser montado e utilizado como uma plataforma de acessibilidade tipo plano inclinado, que poderá ser comandado por voz utilizando o microcontrolador Arduíno, requerendo menor área de instalação, sem necessidade de casa de máquinas, e que seja de fácil aquisição por parte da população de baixa renda foi atendido.

O uso dos módulos comandados por voz e por controle remoto torna possível a mobilidade de pessoas com limitações de movimento dos membros superiores as quais não poderiam controlar o elevador ou plataforma exercendo pressão constante nos botões de acionamento.

As vantagens do uso da plataforma arduino são: a possibilidade de ser reprogramado; ser compacto; por ser uma plataforma livre existem diversos materiais gratuitos ensinando como utilizar e diversos programas compartilhados o que permite a integração com outros dispositivos e a interação com outros aparelhos; o custo das placas também é relativamente baixo, perto das possibilidades que a plataforma oferece, além disso, a forma de trabalhar com ela é bastante intuitiva.

O elevador assistivo é operado por um sistema motor redutor o qual utiliza um sistema de fuso e porca sextavados e desliza sob guias lineares. Todos os componentes mecânicos do elevador assistivos foram especificados segundo as normas técnicas ABNT ISO 9386-1(2013) e ABNT ISO 9386-2(2013). Os componentes da base do elevador foram estudados numericamente usando o software de modelagem e análise de estruturas por elementos finitos Autodesk Fusion®. As simulações confirmam que o elevador é seguro com alto coeficiente de segurança e não sofrerá altas deflexões quando carregado. O uso de perfis Openbuilds ajudou no aumento de inércia na estrutura. A altura máxima para o qual este elevador será utilizado são quatro metros e somente serão utilizados por PcD junto ou monitoradas por um acompanhante.

O estudo atende a proposta inicial que consiste em conceber um elevador assistivo que também possa ser montado e utilizado como uma plataforma de acessibilidade tipo plano inclinado, seguro e com custo acessível à população conforme os valores listados no Apêndice C, contribuindo com a redução de barreiras impostas as PcD.

Apresentam-se as vantagens deste projeto e entre as principais está o fato de ser um equipamento simples, seguro e de fácil manutenção periódica que consiste na inspeção e lubrificação dos rolamentos, guias e porcas. Outro fator que se destaca neste equipamento em

relação aos outros modelos, é que ele não necessita de casa de máquinas e sua instalação é viável em residências e outros imóveis com menor área construída.

REFERÊNCIAS

- AALCO. **Aluminium Alloy 6063**. 2019. Disponível em http://www.aalco.co.uk/datasheets/-Aalco-Metals-Ltd_Aluminium-Alloy-6063-T6_Extrusions_158.pdf.ashx. Acesso em 07 ago. 2019.
- ALVES FILHO, Avelino. **Elementos finitos: a base da tecnologia CAE**. São Paulo: Saraiva, 2018.
- ARDUINO. **Arduino uno rev3**. 2019. Disponível em <https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>. Acesso em: 10 ago. 2019.
- ARDUINO. **Manual do arduino**. 2019. Disponível em <https://www.arduino.cc/reference/en/>. Acesso em: 10 ago. 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050: acessibilidade à edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 9386-1 (2013): Plataformas de elevação motorizadas para pessoas com mobilidade reduzida - Requisitos para segurança, dimensões e operação funcional Parte 1: Plataformas de elevação vertical**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 9386-2 (2013): Plataformas de elevação motorizadas para pessoas com mobilidade reduzida - Requisitos para segurança, dimensões e operação funcional Parte 2: Elevadores de escadaria para usuários sentados, em pé, e em cadeira de rodas, deslocando se em um plano inclinado**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- ATI DO BRASIL. **Catálogo de fusos trapezoidais**. 2019. Disponível em <https://www.atibrasil.com.br>. Acesso em: 20 ago. 2019.
- ATI DO BRASIL. **Catálogo de porcas trapezoidais**. 2019. Disponível em https://www.atibrasil.com.br/69-thickbox_default/porca-quadrada-.jpg. Acesso em: 20 ago. 2019.
- BATHE, K. J. **Finite element procedures**. New Jersey: Klaus-Jurgen Bathe, 2006.
- BEER, F. P.; JOHNSTON J. E. R. **Mecânica vetorial para engenheiros: estática**. 5. ed. Rio de Janeiro: Makron Books, 1999.
- BERNARDI, Núbia. **A aplicação do conceito do desenho universal no ensino de arquitetura: o uso de mapa tátil como leitura de projeto**. 2007. 340p. Tese (doutorado em em Engenharia Civil) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2007. Disponível em: <http://www.repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/258187>. Acesso em: 8 ago. 2018.
- BIXPOWER. **Inversor de tensão**. 2019. Disponível em <https://www.bixpower.com/product-p/xp1800ac-hl2454.htm>. Acesso em: 30 ago. 2019.

BRASIL. Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. Comitê de ajudas técnicas. **Tecnologia assistiva**. Brasília: CORDE, 2009. 138 p.

CIBSE. **Chartered institution of building services engineers guide d: transportation systems in buildings**. 2010. Disponível em <https://www.cibse.org/Knowledge/knowledge-items/detail?id=a0q20000008JecyAAC>. Acesso em: 12 ago. 2019.

CONCORD ELEVATOR. **Stairlifts and chairlifts**. 2019. Disponível em: <http://www.concordelevator.com>. Acesso em: 30 ago. 2019.

CONSELHO REGIONAL DE ENGENHARIA E AGRONOMIA DE MINAS GERAIS. **Cartilha do elevador**. 2013. Disponível em <http://www.lifeelevadores.com.br/pdf/cartilha-do-elevador.pdf>. Acesso em 08 ago. 2019

CONTI. **Catálogo de fusos de precisão**. 2019. Disponível em <http://www.contigroup.it/-Catalogo/Catalogo-PT.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2019.

CORRÊA, R. M. **Avanços e desafios na construção de uma sociedade inclusiva**. 2008. Belo Horizonte: Sociedade Inclusiva/PUC-MG.

CREDER, Hélio. **Instalações elétricas**. 15. ed. Rio de Janeiro: Editora Livros Técnicos e Científicos, 2007.

ELECHOUSE. **Manual do módulo vr3**. 2019. Disponível em https://www.elechouse.com/elechouse/-images/product/VR3/VR3_manual.pdf. Acesso em: 30 ago. 2019.

ELECHOUSE. **Módulo vr3**. 2019. Disponível em <https://www.elechouse.com/elechouse/-images/product/VR3/VoiceRecognitionV3.zip>. Acesso em: 30 ago. 2019.

EMMEL, M. L. G.; GOMES, G.; BAUAB, J. P. Universidade com acessibilidade: eliminando barreiras e promovendo a inclusão em uma universidade pública brasileira. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, João Pessoa, v. 14, n. 1, p. 7-20, 2010.

FARIA, B. M.; REIS, L. P.; LAU, N. User modeling and command language adapted for driving an intelligent wheelchair. In: **2014 IEEE International Conference on Autonomous Robot Systems and Competitions (ICARSC)**, Espinho, IEEE, p. 158-163, 2014.

FISH, J. **Um primeiro curso em elementos finitos**. Rio de Janeiro: Editora Livros Técnicos e Científicos, 2000.

GARAVENTA. **StairLifts and Inclinedplatform**. 2019. Disponível em <http://www.garaventa.ca>. Acesso em: 05 ago. 2019.

GERDAU. **Catálogo de perfis**. 2019. Disponível em <https://www2.gerdau.com.br/catalogos-e-manuais>. Acesso em: 30 ago. 2019.

GERE, J. M.; GOODNO, B. J. **Mecânica dos materiais**. São Paulo: Editora Cengage Learning, 2010.

GUIMARAES, A. C. F. **Concepção e dimensionamento de uma plataforma de acessibilidade do tipo plano inclinado para pessoas usuárias de cadeira de rodas**. 2008. 144 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2008.

HARD. **Catálogo de Construção Metálica e Pré-moldado Hard**. 2019. Disponível em <https://hard.com.br/linha/produtos/ancoragens-mecanicas-produtos/>. Acesso em: 30 ago. 2019.

HWIN. **Linear guideways**. 2019. Disponível em https://www.hiwin.com/-pdf/linear_guideways.pdf. Acesso em: 30 ago. 2019.

IBR. **Catálogo de redutores**. 2019. Disponível em http://redutoresibr.com.br/-cms/_uploads/9fc544a3-48e7-41f6-a636-4f109c193295.pdf. Acesso em: 30 ago. 2019.

INDUFIX. **Catálogo de Chumbadores Indufix**. 2019. Disponível em <http://www.indufix.com.br/catalogo-de-parafusos/>. Acesso em: 30 ago. 2019.

JÚNIOR, F. M. S.; DE LIMA, V. M. F.; DE PINHO, A. L. S.; SANTA ROSA, J. G.; RAMOS, M. A. S.; DE SOUZA, C. B. M. Avaliação do centro histórico da cidade de Braga-Portugal a partir dos princípios de desenho universal. **Revista dos encontros internacionais Ergotrip Design**, Aveiro, n. 1, pg 198-209, 2015.

KUNDU, A. S., MAZUMDER, O., LENKA, P. K., & BHAUMIK, S. (2018). Hand gesture recognition based omnidirectional wheelchair control using IMU and EMG sensors. **Journal of Intelligent & Robotic Systems**, United States, v. 91, n.3, p. 529-541, 2018.

KYOWA. **Strain gages**. 2019. Disponível em www.kyowa-ei.com/eng/technical/-strain_gages 2019. Acesso em: 28 ago. 2019.

LEAMAN, J., & LA, H. M. A comprehensive review of smart wheelchairs: past, present, and future. **IEEE Transactions on Human-Machine Systems**, United States, v. 47, n.4, p. 486-499, 2017.

LOUIS, E. F. **Electronic Circuits: Linear/Analog: The Building Blocks of Electronic Equipment. Electronics Explained**. 2.ed. Oxford: editora Newnes, 2018.

MALONEY, T. J. **Electrónica industrial moderna**. 5. ed. México: Editora Pearson Educación, 2006.

MERCADO LIVRE. **Carregador de baterias**. 2019. Disponível em <http://produto.mercadolivre.com.br/-mlb-689043707>. Acesso em: 28 ago. 2019.

MERCADO LIVRE. **Fechadura com solenóide**. 2019. Disponível em <https://produto.mercadolivre.com.br/-MLB-1268992995>. Acesso em: 28 ago. 2019.

MONK, S. **30 projetos com Arduino**. Porto Alegre: Editora Bookman, 2014.

MOVE ELEVADORES. **Sistema movido por correntes**. 2019. Disponível em: https://www.moveelevadores.com.br/produto/plataforma_para_escadas. Acesso em: 28 ago. 2019.

MUNDO DA ELÉTRICA. **Componentes de um contator**. 2019. Disponível em: www.mundodaeletrica.com.br/tag/como-funciona-um-contator. Acesso em: 28 ago. 2019.

NAKAZATO, Anderson Zenken. **Desenvolvimento de máquina universal de ensaios mecânicos portátil de baixo custo para fins didáticos utilizando o conceito open-source**. 2019. 135f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2019.

NORELEM. **Fuso trapezoidal**. 2019. Disponível em <https://www.norelem.com/DataSheet/-pt/24>. Acesso em: 30 ago. 2019.

NORTON, R. L. **Machine Design**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

NSK. **Catálogo geral de rolamentos**. 2019. Disponível em <http://www.nsk.com/common/data/ctrpPdf/e1103a.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2019.

NSK. **Linear guides for industrial automation and equipment**. 2019. Disponível em <http://www.nsk.com.br/upload/file/e3329.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2019.

BERG, E.; JONES, F. D.; HORTON, H. L.; RYFFEL, H. H. **Machinery's Handbook**. 26. ed. New York: Industrial Press, 2000.

OLIVEIRA, G. C. R.; SILVA, F. A.; ROSADO, V. O. G.. Estudo de um novo sistema motor para plataformas assistivas de ônibus circulares. In: **II Congresso Brasileiro em Pesquisa e Desenvolvimento de Tecnologia Assistiva**. Tecnologia Assistiva: Pesquisa e Conhecimento I. Bauru: Canal 6 editora, 2018. v. 1. p. 35-46.

OPENBUILDS. **V-slot-20x80-linear-rail**. 2019. Disponível em <https://openbuildspartstore.com/v-slot-20x80-linear-rail/>. Acesso em: 30 ago. 2019.

PEREIRA, C. P. M. **Mecânica dos Materiais Avançada**. Rio de Janeiro: Editora Interciência 2004.

PRIYANAYANA, S.; BUDDHIKA, A. G.; JAYASEKARA, P. Developing a voice controlled wheelchair with enhanced safety through multimodal approach. In: **2018 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference R10-HTC**. Colombo, IEEE, 2018. p. 1-6.

PTI. **Catálogo de acoplamentos PTI**. 2019. Disponível em <http://www.pticorp.com.br/pt/ptihome/prodbytype/2>. Acesso em: 30 ago. 2019.

RAIYAN, Z.; NAWAZ, M. S.; ADNAN, A. A.; IMAM, M. H. Design of an arduino based voice-controlled automated wheelchair. In: **2017 IEEE Region 10 Humanitarian Technology Conference R10-HTC**. Dhaka, IEEE, 2017. p. 267-270

REXNORD. **Catálogo de acoplamentos Rexnord**. 2019. Disponível em <http://www.rexnord.com.br/catproduto/acoplamentos-rexnord/>. Acesso em: 30 ago. 2019.

ROSADO, V. O. G (2004). Concepção e dimensionamento de equipamentos assistivos para pessoas portadoras de deficiência no ensino do curso de Engenharia Mecânica. In: Congresso brasileiro de ensino de engenharia. 2004. **Anais do COBENGE**. Brasília: Universidade de Brasília, 2004.

SOTERIS A. K. **Chapter 9 - Photovoltaic Systems. Solar Energy Engineering** 2.ed. United States: Academic Press, 2014, pg 481-540.

STANNAH, **Plataforma tipo plano inclinado**. 2019. Disponível em: <https://www.stannah.pt/mobilidade/equipamento/plataforma-elevatoria-para-escadas-retas>. Acesso em: 28 ago. 2019.

TETEFLEX. **Catálogo de acoplamentos elásticos**. 2019. Disponível em <http://wtsacoplamentos.com.br/catalogo/teteflex.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2019.

UMCHID, S.; LIMHAPRASERT, P.; CHUMSOONGNERN, S.; PETTHONG, T.; LEEUDOMWONG, Voice Controlled Automatic Wheelchair. In: **2018 11th Biomedical Engineering International Conference (BMEiCON)**. Chiang Mai, IEEE, 2018. p. 1-5.

WEG. **Catálogo WEG Light Screen Plex**. 2019. Disponível em <https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h64/h92/WEG-10005811538-light-screen-plex-manual-do-usuario-pt.pdf>. Acesso em: 30 ago. 2019.

WENDT, D. W.; PRENDERGAST SR, J. F.; LIU, H.; GISSKE, E. T.(1991).**U.S. Patent No.5,052,521**. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office. Disponível em <https://patentimages.storage.googleapis.com/3e/16/79/dc40c9e87d0853/US5052521.pdf> Acesso em: 28 ago. 2019.

WILLIAMS, T; SCHEUTZ, M. The state-of-the-art in autonomous wheelchairs controlled through natural language: A survey. **Robotics and Autonomous Systems**, Netherlands, v.96, p. 171-183, 2017.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **World report on disability 2011**. Geneva: World Health Organization, 2011.