

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO – USP
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS – EESC
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA – SEM

ALINA DE SOUZA LEÃO RODRIGUES

Refinamento de uma metodologia de projeto direcionada para Tecnologia Assistiva,
com abordagem participativa dos usuários

São Carlos
2022

ALINA DE SOUZA LEÃO RODRIGUES

Refinamento de uma metodologia de projeto direcionada para Tecnologia Assistiva,
com abordagem participativa dos usuários

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia de São Carlos, da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de concentração: Projeto, Materiais e Manufatura

Orientadora: Profa. Dra. Zilda de Castro Silveira

Coorientadora: Profa. Dra. Luciana Bolzan Agnelli Martinez

VERSÃO CORRIGIDA

São Carlos

2022

AUTORIZO A REPRODUÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO,
POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS
DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues Fontes da
EESC/USP com os dados inseridos pelo(a) autor(a).

R398r RODRIGUES, ALINA DE SOUZA LEÃO
 Refinamento de uma metodologia de projeto
 direcionada para Tecnologia Assistiva, com abordagem
 participativa dos usuários / ALINA DE SOUZA LEÃO
 RODRIGUES; orientadora Zilda de Castro Silveira. São
 Carlos, 2022.

 Dissertação (Mestrado) - Programa de
 Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e Área de
 Concentração em Projeto, Materiais e Manufatura --
 Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de
 São Paulo, 2022.

 1. Engenharia de Projeto. 2. Dispositivos
 Assistivos. 3. Protocolos de avaliação em Tecnologia
 Assistiva. 4. Projeto participativo. 5. Cadeira de
 banho. I. Título.

Eduardo Graziosi Silva - CRB - 8/8907

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato: Engenheiro **ALINA DE SOUZA LEÃO RODRIGUES**

Título da tese: "Refinamento de uma metodologia direcionada para Tecnologia Assistiva, com abordagem participativa dos usuários".

Data da defesa: 25/11/2022.

Comissão Julgadora

Resultado

Profa. Dra. **Zilda de Castro Silveira**

(Orientadora)

(Escola de Engenharia de São Carlos – EESC/USP)

Aprovada

Prof. Dr. **Franco Giuseppe Dedini**

(Universidade Estadual de Campinas/UNICAMP)

pl. Aprovada

Profs. Drs. **Maira Ferreira do Amaral**

(Universidade Federal do Triângulo Mineiro – UFTM)

pl. Aprovada

Coordenador do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica:

Prof. Associado **Adriano Almeida Gonçalves Siqueira**

Presidente da Comissão de Pós-Graduação:

Prof. Titular **Murilo Araujo Romero**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todas as pessoas com deficiência que, em algum momento de suas trajetórias, não se sentiram ouvidas ou contempladas. Que nada mais seja sobre vocês, sem vocês.

AGRADECIMENTOS

A Deus. Por todos que colocou em meu caminho, por cada porta que abriu e que fechou. Por me dar forças e guiar meus passos quando nem eu acreditava mais que era possível.

Aos meus pais e meu irmão, por serem meu porto seguro, minha rocha, minha certeza. Ao meu amor. Por ser meu companheiro e parceiro de vida, por me dar mais esperança na humanidade, por me lembrar todos os dias do motivo pelo qual fazemos ciência.

Às queridas professoras Zilda e Luciana, melhores orientadoras que eu poderia ter, por todo o aprendizado compartilhado e pela amizade construída.

À minha família são-carlense: Marcelo, Marina, Lina, Carlos, Talita e Teco. Não tenho palavras para descrever a importância de vocês na minha vida.

Aos meus amigos verdadeiros, presentes mesmo à distância. Aos queridos colegas de laboratório Dávila, Joaquim, Amir, Daniel e João Victor. Ao funcionário do Bogas Parafusos, cujo nome até hoje não sei, mas que sempre queria saber como estava indo o projeto.

Às minhas raízes, ao meu Nordeste. Pela visão de mundo e de humanidade. Pelo sentimento de pertencimento. Pela vontade de mudar a realidade, de dar um retorno à sociedade.

Às pessoas maravilhosas que de alguma forma participaram do meu trabalho, mesmo em meio a uma pandemia, seja divulgando a pesquisa, seja respondendo questionários, seja avaliando.

À EESC/USP pelo suporte estrutural, acadêmico e de recursos. O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

RESUMO

RODRIGUES, A. S. L. **Refinamento de uma metodologia de projeto direcionada para Tecnologia Assistiva, com abordagem participativa dos usuários.** 2022. 198p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2022.

O objetivo deste trabalho é elaborar uma metodologia de projeto adaptada a produtos customizados, integrando protocolos de avaliação de Tecnologia Assistiva com técnicas de projeto de engenharia nas tomadas de decisões e incorporando a efetiva participação de potenciais usuários na geração do protótipo conceitual. A limitação funcional de indivíduos na sociedade mundial é um problema real e gradativo, à medida em que há tendências acentuadas de restrições permanentes ou temporárias em função de doenças crônicas, malformações congênitas, alterações neurológicas, acidentes, envelhecimento e possíveis sequelas, muito notadamente devido à COVID-19. Nesse sentido, a prescrição do uso de dispositivos assistivos possibilita a manutenção de funções essenciais e significativas de um indivíduo, colaborando para sua qualidade de vida e promovendo, na medida do possível, sua inclusão social. No entanto, taxas relativamente elevadas de abandono desses dispositivos têm sido reportadas na literatura técnica. Dentre as causas multifatoriais evidenciadas para esse abandono, há a tradição assistemática de desenvolvimento do projeto, fortemente ligada à baixa participação dos diferentes grupos de interesse, especificamente profissionais da área da saúde e usuários finais. Em decorrência da falta de adequação funcional observada em cadeiras de banho destinadas a adultos, tal equipamento assistivo foi selecionado, em parceria com pesquisadores da área de Tecnologia Assistiva, para compor um estudo de caso para este trabalho. A partir disso, foi apresentada uma metodologia de projeto integrada, incluindo potenciais usuários de forma interativa e iterativa ao longo das fases fundamentais de definição e geração do conceito, por meio de técnicas de projeto de engenharia com inserção de protocolos de avaliação de Tecnologia Assistiva. O resultado dessa metodologia é expresso sob a forma de um fluxograma em formato de espiral, iterativo, intercalado com tarefas interdisciplinares. O estudo de caso permitiu observar a complexa interação com o usuário final, tanto na fase na qual se estabelece o Domínio Transversal de Projeto, quanto nas diferentes apresentações do projeto conceitual

(virtual e físico). Por outro lado, a utilização de técnicas de projeto, integradas a protocolos de avaliação em Tecnologia Assistiva, permitiu maior fluidez na comunicação entre a equipe de projeto interdisciplinar representada por pesquisadores da área de engenharia de projeto e de Terapia Ocupacional.

Palavras-chave: Engenharia de Projeto. Dispositivos Assistivos. Protocolos de avaliação em Tecnologia Assistiva. Projeto participativo. Cadeira de banho.

ABSTRACT

RODRIGUES, A. S. L. **Refinement of a design methodology directed to Assistive Technology, with users' participatory approach**. 2022. 198p. Dissertation (Master's Degree in Mechanical Engineering) – São Carlos School of Engineering, University of São Paulo, São Carlos, 2022.

This work aims to elaborate a design methodology adapted to customized products, integrating Assistive Technology assessment protocols with engineering design techniques in decision-making and incorporating the effective participation of potential users in the conceptual prototype generation. The functional limitation of individuals is a real and gradual concern, as there are accentuated trends of permanent or temporary restrictions that arise from chronic diseases, genetic malformation, neurological disorders, accidents, aging, and possible sequelae, most notably due to COVID-19. In this context, the prescription of assistive device usage allows the maintenance of the essential and significative functions of an individual, contributing to their quality of life and promoting, as far as possible, their social inclusion. However, relatively high abandonment rates have been reported in the technical literature for these devices. Among the multifactorial causes for this abandonment, lies the traditionally unsystematic design development process, strongly related to the restricted participation of the different groups of interest, specifically health professionals and final users. Due to the lack of functional adequacy observed in shower chairs for adults, such equipment was selected in partnership with Assistive Technology researchers to compose a case study for this work. From this, an integrated design methodology was presented, including potential users interactively and iteratively through the fundamental stages of concept definition and generation by applying engineering design techniques with Assistive Technology assessment protocols. The result of this methodology is expressed as an iterative, spiral-shaped flowchart interspersed with interdisciplinary tasks. The case study allowed the observation of the complex interaction with the final user, both in the phase of design cross-domain establishment and in the different conceptual design (virtual and physical) presentations. On the other hand, the use of design techniques, integrated with Assistive Technology assessment protocols, allowed greater fluidity in the communication between the interdisciplinary

design team, represented by researchers in engineering design and occupational therapy.

Keywords: Engineering design. Assistive devices. Assistive Technology assessment protocols. Participatory design. Shower chair.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Categorias de Tecnologia Assistiva	27
Figura 2 – Panorama das diferentes abordagens para incluir o usuário	37
Figura 3 – Famílias de projeto aberto para artefatos físicos e suas características ..	38
Figura 4 – Representação esquemática das fases da transferência SPT	45
Figura 5 – Representação das medidas antropométricas de interesse em um modelo humano	48
Figura 6 – Etapas envolvidas no processo de seleção de usuários participantes.....	56
Figura 7 – Diagrama esquemático representando o modelo PHAATE	57
Figura 8 – Metodologia Projet8-TA (fases e tarefas)	59
Figura 9 – Integração QFD – TRIZ.....	61
Figura 10 – Níveis de participação dos voluntários ao longo da pesquisa	66
Figura 11 – Pontos de aplicação das forças descendentes nos apoios	69
Figura 12 – Visão geral do procedimento integrado à metodologia Projet8-TA	71
Figura 13 – Fluxograma detalhando as etapas para seleção da atividade	72
Figura 14 – Passos envolvidos na descrição e seleção de usuários participantes ...	73
Figura 15 – Detalhamento da fase de levantamento de requisitos.....	75
Figura 16 – Fluxograma detalhando as etapas referentes à primeira iteração	77
Figura 17 – Passos relativos à segunda iteração de concepção e refinamento.....	78
Figura 18 – Fluxograma referente à última iteração	79
Figura 19 – Patentes de cadeiras de banho simples sem regulagens	82
Figura 20 – Produtos e patentes de cadeiras de banho com autopropulsão	84
Figura 21 – Principais soluções referentes a cadeiras de banho com tilt.....	86
Figura 22 – Diagrama esquemático PRISMA de seleção dos artigos para revisão ..	88
Figura 23 – Distribuição percentual dos países de afiliação dos primeiros autores ..	91
Figura 24 – Protótipos desenvolvidos pelos estudos considerados na revisão.....	92
Figura 25 – Distribuição de idades segundo respostas ao primeiro questionário	97
Figura 26 – Distribuição do número de respondentes por estado de residência.....	97
Figura 27 – Distribuição dos níveis de escolaridade entre o grupo inicial de participantes.....	98
Figura 28 – Níveis de funcionalidade para o banho, com base nas respostas ao questionário.....	99
Figura 29 – Regiões do corpo em que o auxílio de outrem é necessário.....	100

Figura 30 – Níveis de funcionalidade em transferências pelo questionário	101
Figura 31 – Categorias de comentários negativos por participante e componente	106
Figura 32 – Níveis de concordância com afirmativas referentes à cadeira atual	109
Figura 33 – Graus de importância atribuídos aos recursos de uma cadeira futura.	110
Figura 34 – Matriz de relações do QFD entre o domínio do usuário e o técnico	114
Figura 35 – Matriz de competitividade técnica do QFD	115
Figura 36 – Telhado do QFD para identificação de contradições técnicas	115
Figura 37 – Renderização da primeira versão do conceito da cadeira de banho ...	119
Figura 38 – Assento idealizado com parte frontal removível	120
Figura 39 – Dimensões gerais adotadas para a cadeira de banho.....	122
Figura 40 – Lista de componentes do mecanismo para ajuste de altura	123
Figura 41 – Envoltório para engrenagens e fuso do mecanismo de elevação.....	124
Figura 42 – Processo de remoção dos apoios para os braços	125
Figura 43 – Detalhamento da rotação do encosto	125
Figura 44 – Remoção do conjunto encosto-assento.....	126
Figura 45 – Compartimentos em gancho para armazenamento dos componentes	126
Figura 46 – Lista de componentes do mecanismo para compactação da estrutura	127
Figura 47 – Etapa final de compactação da cadeira.....	127
Figura 48 – Processo para escamotear os apoios para os braços	128
Figura 49 – Detalhes de ajustes dos apoios para os pés	128
Figura 50 – Estágios do posicionamento dos apoios para os braços	130
Figura 51 – Vista explodida e peças da nova versão para os apoios de braços	131
Figura 52 – Movimento da lingueta e da guia durante o retorno do apoio	131
Figura 53 – Comparação entre as diferentes versões do apoio para os braços.....	132
Figura 54 – Comparação entre as versões para o suporte do assento e sua base	133
Figura 55 – Montagem do eixo superior com guia linear impressa em 3D	134
Figura 56 – Lista de componentes do mecanismo de elevação atualizado.....	135
Figura 57 – Montagem do suporte do assento e seus componentes internos.....	136
Figura 58 – Montagem do módulo de elevação do protótipo	136
Figura 59 – Modificação no mecanismo de dobra da estrutura	137
Figura 60 – Montagem final do protótipo em escala reduzida	137
Figura 61 – Resumo descritivo das etapas de refinamento do projeto	143
Figura 62 – Versão final do modelo virtual da cadeira de banho	143

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Definição dos principais elementos do procedimento proposto.....	50
Tabela 2 – Palavras-chave utilizadas na revisão segundo a estratégia PICO	52
Tabela 3 – Níveis de funcionalidade segundo a escala MIF	53
Tabela 4 – Visão geral dos trabalhos incluídos na revisão	89
Tabela 5 – Aspectos das avaliações clínicas e de desempenho abordados por cada estudo incluído na revisão.....	95
Tabela 6 – Características dos participantes do grupo intermediário.....	103
Tabela 7 – Valores de satisfação obtidos via aplicação do QUEST.....	107
Tabela 8 – Lista de requisitos do usuário e respectivas importâncias.....	113
Tabela 9 – Contradições técnicas identificadas a serem tratadas pela aplicação da TRIZ	116
Tabela 10 – Possíveis princípios inventivos para solucionar as contradições	117
Tabela 11 – Quadro Morfológico com possíveis soluções para funções de projeto	118
Tabela 12 – Resumo das medidas antropométricas de relevância para o projeto, em mm.	120
Tabela 13 – Levantamento das dimensões encontradas de produtos comerciais ..	121
Tabela 14 – Valores dos parâmetros de projeto utilizados na cadeira de banho	121
Tabela 15 – Visão dos profissionais de saúde sobre quanto os requisitos foram atendidos.....	139
Tabela 16 – Níveis de concordância com afirmações sobre o conceito da cadeira	139
Tabela 17 – Propriedades dos materiais selecionados para a cadeira	142

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ATD PA	<i>Assistive Technology Device Predisposition Assessment</i>
CAD	<i>Computer-Aided Design</i>
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CER	Centro Especializado em Reabilitação
COPM	<i>Canadian Occupational Performance Measure</i>
DA(s)	Dispositivo(s) assistivo(s)
DIY	<i>Do It Yourself</i>
FMEA	<i>Failure Modes and Effects Analysis</i>
INPI	Instituto Nacional da Propriedade Intelectual
MEEM	Miniexame do Estado Mental
MIF	Medida de Independência Funcional
ONG	Organização não-governamental
PE(s)	Parâmetro(s) de engenharia
PI(s)	Princípios inventivos
PIADS	<i>Psychosocial Impact of Assistive Device Scale</i>
QFD	<i>Quality Function Deployment</i>
QUEST	<i>Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology</i>
SPT	<i>Sitting pivot transfer</i>
SUS	Sistema Único de Saúde
SUS	<i>System Usability Scale</i>
TA	Tecnologia Assistiva
TAI	<i>Transfer Assessment Instrument</i>
TCLE	Termo de Compromisso Livre e Esclarecido
TRIZ	<i>Theory of Inventive Problem Solving</i>
USE	Unidade Saúde Escola
USPTO	<i>United States Patent and Trademark Office</i>
WIPO	<i>World Intellectual Property Organization</i>

LISTA DE SÍMBOLOS

$Z_{\alpha/2}$	Valor crítico
σ	Desvio-padrão
E	Margem de erro
μ	Média
I_j	Importância da característica técnica j
w_i	Peso dado ao requisito do usuário i
C_{ij}	Relação entre o requisito do usuário i e a característica técnica j

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	25
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA	27
1.2	PERGUNTA DA PESQUISA	29
1.3	OBJETIVOS	29
2	EMBASAMENTO TEÓRICO	31
2.1	METODOLOGIA DE PROJETO E O PRODUTO ASSISTIVO	31
2.2	IDENTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES DO USUÁRIO	34
2.3	O PROJETO CENTRADO NO USUÁRIO E O COPROJETO	36
2.4	CONTEXTO DO <i>OPEN DESIGN</i> NO PROJETO DE ENGENHARIA.....	38
2.5	A ATIVIDADE DO BANHO	41
2.5.1	Biomecânica	42
2.5.2	Métodos de transferências	44
2.5.3	Medições antropométricas	46
3	MATERIAIS E MÉTODOS	49
3.1	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E EMPÍRICA	49
3.2	ELABORAÇÃO DO PROCEDIMENTO	50
3.3	LEVANTAMENTO DE SOLUÇÕES EXISTENTES	50
3.4	PÚBLICO-ALVO	52
3.4.1	Perfil funcional.....	52
3.4.2	Determinação do tamanho da amostra.....	53
3.4.3	Seleção de usuários participantes.....	54
3.5	COLETA DE DADOS JUNTO AOS USUÁRIOS.....	56
3.6	METODOLOGIA PROJETO8-TA	58
3.6.1	A integração do procedimento proposto	59
3.6.2	Métodos de ponderação dos dados.....	60
3.6.3	Geração dos conceitos	62

3.7	DIMENSIONAMENTO	63
3.8	FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO	64
3.9	AVALIAÇÃO POR PROFISSIONAIS DA SAÚDE	66
3.10	ANÁLISE ESTRUTURAL POR ELEMENTOS FINITOS	67
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	71
4.1	O PROCEDIMENTO PROPOSTO.....	71
4.2	O ESTADO DO CONHECIMENTO EM CADEIRAS DE BANHO.....	81
4.2.1	O estado da técnica	82
4.2.2	O estado da arte.....	87
4.3	CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA	96
4.3.1	Visão geral.....	96
4.3.2	O grupo intermediário	102
4.3.3	Políticas e serviços.....	104
4.3.4	A atividade e o ambiente do banho	104
4.3.5	Tecnologia e assistência.....	105
4.3.6	Impressões gerais da entrevista.....	111
4.4	REQUISITOS DO USUÁRIO E CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	112
4.5	IDENTIFICAÇÃO E TRATAMENTO DE CONTRADIÇÕES.....	115
4.6	PROPOSTAS DE SOLUÇÕES	117
4.7	PRIMEIRA VERSÃO DO CONCEITO.....	119
4.7.1	Dimensões.....	120
4.7.2	Módulo de elevação	122
4.7.3	Módulo de portabilidade.....	124
4.7.4	Módulo de ajustes.....	127
4.8	APRESENTAÇÃO DO MODELO VIRTUAL AOS USUÁRIOS.....	129
4.9	O PROTÓTIPO FÍSICO EM ESCALA REDUZIDA.....	132
4.10	APRESENTAÇÃO AOS PROFISSIONAIS DE SAÚDE	138

4.11	SELEÇÃO DOS MATERIAIS.....	141
4.12	VERSÃO FINAL DO CONCEITO	142
5	CONCLUSÕES	145
	REFERÊNCIAS.....	147
	APÊNDICE A – CONVITE À PARTICIPAÇÃO.....	161
	APÊNDICE B – TCLE I E QUESTIONÁRIO DE MAPEAMENTO	163
	APÊNDICE C – ROTEIRO PARA APLICAÇÃO DO MEEM E ENTREVISTA.....	167
	APÊNDICE D – TCLE II: APRESENTAÇÃO DO MODELO VIRTUAL	173
	APÊNDICE E – TCLE III: AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO FÍSICO	175
	APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO FÍSICO.....	177
	APÊNDICE G – DEFINIÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS	181
	APÊNDICE H – DIMENSIONAMENTO DO MECANISMO DE ELEVAÇÃO	185
	APÊNDICE I – ESCOLHA DO MATERIAL PARA OS APOIOS	191
	APÊNDICE J – ANÁLISE POR ELEMENTOS FINITOS DOS APOIOS	195

1 INTRODUÇÃO

A deficiência é uma condição complexa, dinâmica e multidimensional a que qualquer indivíduo pode estar submetido, de maneira permanente ou temporária (OMS, 2011). Ela consiste em um desafio universal associado a diversos impactos que transcendem os aspectos econômicos diretamente quantificáveis relacionados a adaptações residenciais e políticas públicas, podendo incluir desemprego, isolamento social e problemas psicológicos (OMS, 2011). Segundo o último Estudo de Carga Global de Doenças, entre 29,7% e 36,5% da população mundial conviviam com alguma deficiência em 2019, seja em decorrência de doenças crônicas, malformações congênitas, acidentes ou envelhecimento (VOS et al., 2020). Mais recentemente, a pandemia de COVID-19 tem desencadeado complicações neurológicas, psicológicas e cardiorrespiratórias que podem comprometer o controle motor (PELICIONI et al., 2021). Além disso, as medidas restritivas associadas de isolamento social, embora indispensáveis para evitar o contágio desenfreado, podem afetar adversamente o desempenho motor daqueles que já têm a mobilidade reduzida, pois impossibilitam a prática de atividades ao ar livre e a visita a hospitais, clínicas e centros de reabilitação para terapias (ASANO et al., 2021).

Desempenhando um papel fundamental nesse contexto, a Tecnologia Assistiva (TA) tornou-se um termo guarda-chuva utilizado para designar a aplicação de conhecimentos e habilidades organizados para desenvolver produtos, sistemas e serviços voltados à manutenção ou aprimoramento da funcionalidade e independência de um indivíduo, promovendo seu bem-estar (SMITH et al., 2018). Embora o uso e impacto de tais soluções varie entre sujeitos e para um mesmo indivíduo com o tempo, há evidências de benefícios físicos, psicológicos e econômicos associados à utilização contínua e apropriada de recursos de Tecnologia Assistiva (SQUIRES; WILLIAMS; MORRISON, 2019).

Apesar da demanda significativa por TA, intensificada pelas tendências nacional e mundial de envelhecimento populacional, diversos obstáculos à implementação têm sido identificados, como falta de financiamento e de políticas públicas (BOOT et al., 2018), ausência de redes de distribuição especializadas (LAYTON et al., 2020) e desconhecimento dos produtos disponíveis (BOISSELLE; GRAJO, 2018). Além desse déficit no fornecimento de dispositivos assistivos, taxas de abandono entre 20% e 50% têm sido reportadas (SUGAWARA et al., 2018), por

razões que incluem a desconsideração dos contextos e opiniões dos usuários, o baixo desempenho, a facilidade de aquisição de produtos de baixa qualidade, a falta de treinamento apropriado e o estigma que os associa a produtos voltados para a incapacidade (CRUZ et al., 2016; GHERARDINI et al., 2018).

O abandono de dispositivos assistivos pode não apenas prejudicar a inclusão social e, em alguns casos, a reabilitação, mas também significar o desperdício de recursos públicos (SUGAWARA et al., 2018). Embora um entendimento claro da aderência do usuário a produtos de Tecnologia Assistiva ainda seja incipiente (TUAZON; JAHAN; JUTAI, 2018), é possível observar o direcionamento de esforços à investigação das barreiras ao uso contínuo, sobretudo voltados a populações específicas (BOOT et al., 2018), tipos específicos de TA (ALQAHTANI et al., 2019) ou ambientes específicos (MCNICHOLL et al., 2019). De maneira mais geral, Howard et al. (2020) identificaram razões para o abandono comuns a múltiplas condições crônicas, categorizando-as em seis temas analíticos: projeto e função, conhecimento e informação, prestação de serviços, fatores psicológicos, rede de suporte e barreiras sociais. Nesse contexto, soluções impulsionadas pela tecnologia, insatisfação com dimensões, estética ou conforto, baixa qualidade, dificuldade de configuração ou uso e não correspondência com as necessidades do usuário são alguns fatores funcionais e de projeto relacionados ao abandono (CRUZ et al., 2016; HOWARD et al., 2020). Além disso, embora as iniciativas dos terapeutas na prática clínica tenham impulsionado o desenvolvimento do campo até então, ainda são em sua maioria acompanhadas por uma tradição de projeto assistemático e pelo empirismo no processo de avaliação do produto, sem o emprego de instrumentos e ferramentas apropriados (MAIA; FREITAS, 2014).

Apesar de alguns estudos terem sido voltados à proposta de abordagens sistemáticas para o desenvolvimento de dispositivos assistivos (COTON et al., 2014; GHERARDINI et al., 2018; MANERO et al., 2019; OKUMURA; JÚNIOR, 2015; SCHWARTZ et al., 2019), a aplicação de ferramentas e técnicas de projeto é frequentemente escassa ou não descrita explicitamente. Essas ferramentas proporcionam meios para que a equipe de projeto desenvolva produtos customizados e com maiores taxas de aceitação, considerando o usuário não um cliente, mas um co-criador e protagonista, que participa ativamente ao longo do processo e cujas necessidades, opiniões e preferências são traduzidas em requisitos a serem implementados desde os estágios iniciais de desenvolvimento.

Em um campo multidisciplinar como o de TA, uma gama de indivíduos está envolvida na geração de um produto, com diferentes linguagens, formas de comunicação, contextos e formações (SANTOS; SILVEIRA, 2020). Portanto, o desenvolvimento de um dispositivo assistivo assertivo deve ser conduzido em um ambiente colaborativo, em que uma abordagem envolvendo profissionais com diferentes especialidades permita contribuições em tecnologia, desenvolvimento de produto, práticas de projeto centradas no usuário, engajamento e desempenho ocupacional (MIHAILIDIS; POLGAR, 2016). Tal pluralismo é enriquecedor, mas pode ocasionar o surgimento de barreiras no entendimento entre as diversas partes de interesse. Nesse sentido, é de extrema importância que o levantamento dos requisitos do usuário seja realizado de maneira sistemática (BLACKBURN; CUDD, 2012).

No contexto apresentado sobre importância de métodos e técnicas de projeto, principalmente para customização e personalização, o objetivo principal deste trabalho é propor e analisar um procedimento integrado para embasar a tomada de decisões técnicas nas fases iniciais, baseado em projeto de Tecnologia Assistiva direcionado para customização.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO DA PESQUISA

No Brasil, os recursos de Tecnologia Assistiva são usualmente classificados em doze categorias, de acordo com os objetivos funcionais a que se destinam, conforme esquematizado na Figura 1 (BERSCH, 2017).



Fonte: elaborado pela autora com base em Bersch (2017). Ícones de <https://www.flaticon.com>.

No contexto de realização de Atividades da Vida Diária (AVD), a deficiência pode ser definida pela necessidade por assistência em tarefas de autocuidado (DE-ROSENDE-CELEIRO et al., 2019). Em residências, sob a perspectiva de idosos, mobilidade e segurança em banheiros estão entre as principais barreiras associadas ao envelhecimento (BRIM; FROMHOLD; BLANEY, 2021). Mais especificamente, a atividade do banho tem sido reportada como a mais problemática para indivíduos com mobilidade reduzida (FONG, 2019), além de estar associada a admissões de longo prazo em casas de repouso (GILL; ALLORE; HAN, 2006) e a serviços de auxiliares domésticos (LAPLANTE; HARRINGTON; KANG, 2002).

Apesar da sua importância na reabilitação, no desempenho ocupacional e na independência, contribuindo para a redução da incidência de quedas (GELL et al., 2020) e para a diminuição de posturas incorretas por parte dos cuidadores (KOPPELAAR et al., 2012), cadeiras para auxílio no banho têm recebido pouca atenção de pesquisas (FRIESEN; THEODOROS; RUSSELL, 2013). Alguns dos trabalhos encontrados nesse sentido apresentam estruturas não-dobráveis sem descrição de grupos de testes (MALASSIGNÉ et al., 2000), limitações orçamentárias que prejudicaram o desenvolvimento (DUTRA, 2008) e um público-alvo reduzido (LINDSTRÖM; SJÖBERG, 2019).

Atualmente, no Brasil, os processos licitatórios para aquisição de materiais e equipamentos destinados às instituições públicas de saúde são realizados por meio de pregões eletrônicos, conduzidos através do Portal de Compras Públicas [www.portaldecompraspublicas.com.br] ou do sistema COMPRASNET [www.comprasnet.gov.br]. Analisando tais licitações, é possível observar que os modelos mais solicitados de cadeiras de banho envolvem estruturas em aço inoxidável, com encosto e apoio de braço fixos (GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL, 2018; MINISTÉRIO DA DEFESA, 2017, 2019; PMSG, 2020). Embora cadeiras com um nível maior de conforto, possuindo encostos reclináveis e apoios de cabeça ajustáveis, já estejam inclusas na Tabela de Procedimentos do Sistema Único de Saúde (BRASIL, 2013), elas ainda apresentam preços inacessíveis. Nesse contexto, Curimbaba (2016) buscou avaliar o modelo de cadeira de banho mais comumente empregado em residências, clínicas de repouso, unidades prisionais e hospitais públicos e particulares da região de Bauru/SP, considerando a perspectiva de usuários finais, familiares e profissionais qualificados. A partir das principais descobertas, o autor sugeriu que novos projetos de cadeiras de banho devem

empregar materiais mais leves, utilizar revestimentos mais confortáveis, acrescentar apoio de cabeça, incluir regulagens e implementar travas de segurança mais resistentes, apresentando um *design* mais visualmente atrativo e um valor compatível com a realidade econômica do país (CURIMBABA, 2016).

1.2 PERGUNTA DA PESQUISA

Partindo do pressuposto, embasado na literatura e em experiências prévias do grupo de pesquisa, de que as metodologias tradicionais de projeto, muito direcionadas para produtos de produção em massa, não atendem de forma satisfatória à demanda por customização inerente ao campo da Tecnologia Assistiva, o presente trabalho parte do seguinte questionamento:

Para produtos que requerem parâmetros técnicos bem definidos, obtidos a partir de um conjunto de atributos funcionais interdisciplinares com forte dependência de diferentes tipos de potenciais usuários, quais adaptações ou novas abordagens iterativas e interativas podem ser inseridas no contexto de metodologia de projeto para engenharia?

1.3 OBJETIVOS

O objetivo principal deste trabalho é propor e analisar uma metodologia de projeto integrada para tomada de decisões técnicas nas fases iniciais do projeto, baseado em projeto de Tecnologia Assistiva direcionado para customização com participação ativa dos potenciais usuários. Dessa forma, é possível delinear de forma mais objetiva a correspondência entre os diferentes domínios do conhecimento envolvidos e estabelecer critérios, técnicas e ferramentas para a condução das etapas de levantamento de requisitos e geração de conceitos.

Os objetivos específicos são:

- Incluir o conceito de projeto participativo na análise de viabilidade técnica e na fase conceitual;
- Integrar métodos de coleta de dados junto aos usuários com métodos de projeto de engenharia;

- Aperfeiçoar os processos iterativos de geração e refinamento de conceitos, considerando as perspectivas do usuário, do profissional de saúde e da equipe técnica; e
- Conduzir um estudo de caso referente ao projeto conceitual de um dispositivo de auxílio ao banho, para avaliação preliminar da metodologia proposta.

Assim, os potenciais usuários finais e o profissional da área de saúde, que atua diretamente com a Tecnologia Assistiva, podem ser protagonistas no contexto de projeto participativo e na integração das áreas de saúde com o projeto de engenharia. Com base na visão multidisciplinar proporcionada pela integração entre os diferentes membros da equipe, na experiência adquirida em projetos anteriormente desenvolvidos pelo grupo de pesquisa e nos resultados obtidos a partir do procedimento seguido, é possível traçar diretrizes aplicáveis não somente ao equipamento assistivo proposto, mas também a projetos futuros no campo da Tecnologia Assistiva, mais especificamente nas categorias de auxílios para a vida diária, órteses, adequação postural e auxílios de mobilidade. Dessa forma, o presente trabalho traz contribuições em termos de efetivação da participação conjunta do usuário, de sistematização do projeto e de desenvolvimento de produto, enriquecendo a área e potencialmente aprimorando a qualidade de vida do público-alvo.

2 EMBASAMENTO TEÓRICO

Esta seção apresenta brevemente os principais esforços encontrados na literatura voltados à sistematização de projetos de Tecnologia Assistiva e à aplicação de ferramentas e instrumentos, padronizados ou não, para identificação das necessidades do usuário. Além disso, também são apresentadas as principais formas de participação do usuário em projetos e são introduzidos os maiores benefícios e limitações associados à adoção de uma abordagem de projeto aberto, que tem recebido bastante atenção sobretudo com a expansão do movimento “faça você mesmo” e com a difusão do uso de técnicas de manufatura aditiva. Por fim, são mencionados alguns estudos direcionados à busca por uma maior compreensão acerca da biomecânica da atividade do banho. Todos os tópicos abordados são de grande importância ao desenvolvimento deste trabalho, sobretudo para identificação de oportunidades de melhoria e obtenção de uma visão geral sobre temas correlatos.

2.1 METODOLOGIA DE PROJETO E O PRODUTO ASSISTIVO

A teoria clássica de metodologia de projeto é voltada ao desenvolvimento de produtos industriais, normalmente de fabricação em massa ou modular, e enxerga o usuário como um cliente, com participação prevista apenas nas etapas finais, para avaliação do produto (CHENG, 2018). Uma série de estudos têm sido publicados nesse sentido, consistindo, de maneira geral, na apresentação de uma estrutura sequencial de fases, sem a inserção efetiva dos usuários intermediário e final nas fases iniciais do projeto, referentes a projeto informacional, análise de viabilidade física e econômica e projeto conceitual. Pahl et al. (2007), por exemplo, sistematizam o projeto segundo as fases planejamento e esclarecimento da tarefa, projeto conceitual, projeto representativo e projeto detalhado. Cada etapa possui atividades específicas e resultados finais esperados, sendo encerrada por um processo de avaliação, que orienta a passagem para a próxima fase ou uma nova iteração (PAHL et al., 2007). Expandindo essa ideia, Ullman (2010) propõe um modelo baseado em seis fases: descoberta do produto, planejamento do produto, definição do produto, projeto conceitual, desenvolvimento do produto e suporte ao produto. Para o autor, uma diversidade de soluções satisfatórias é capaz de atender a cada situação-problema, de forma que o objetivo do projeto é gerar um produto de qualidade que

respeite as limitações e exigências de tempo e recursos (ULLMAN, 2010). Mais recentemente, Ulrich e Eppinger (2015) sugeriram uma alternativa que manteve a estrutura anterior em seis fases, mas consistindo em planejamento, desenvolvimento do conceito, projeto a nível de sistema, projeto detalhado, testes e refinamento, e escalada da produção. Sob essa perspectiva, o processo de desenvolvimento pode ser compreendido como uma atividade de restrição de alternativas e aumento de especificações, como um sistema de processamento de informações ou como um sistema de gerenciamento de riscos (ULRICH; EPPINGER, 2015). Tais visões clássicas, embora já estabelecidas, foram pensadas para contextos em que a cultura dominante é a de resolução de problemas e corte de gastos, em que a inovação é impulsionada pela tecnologia e em que o pensamento segue uma lógica ordenada e linear (DE COUVREUR; GOOSSENS, 2011). O projeto de um dispositivo assistivo, por outro lado, deve refletir as necessidades físicas, cognitivas e emocionais do público-alvo, além de engajar todos os grupos de interesse em um contexto específico.

Nesse sentido, ao longo dos últimos anos, esforços têm sido direcionados à proposta e/ou implementação de abordagens sistemáticas de projeto, centradas no usuário, para o desenvolvimento de produtos assistivos. Por exemplo, De Couvreur e Goossens (2011) propuseram o modelo *Design for (every)one*, baseado no conceito de coprojeto e caracterizado por redes de inovação horizontais, que mesclam princípios de projeto universal e engenharia de reabilitação. Embora os autores tenham trazido contribuições significativas e inovadoras, principalmente no que se refere à construção de uma comunidade base para o projeto, integrada ao contexto local, falta clareza e detalhamento com relação à aplicação das estratégias para geração de soluções. Também partindo do usuário como ponto central, Coton et al. (2014) sugeriram uma metodologia iterativa e de caráter multidisciplinar, que considera fatores humanos e do ambiente ao longo do projeto. A definição de um triângulo de competências e a busca por uma divisão apropriada das funções entre usuários e tecnologia são aspectos do trabalho que se destacam, mas a descrição das atividades e ferramentas específicas utilizadas ainda é ausente. Seguindo princípios análogos, Chavarriaga et al. (2014) descreveram uma abordagem multidisciplinar dividida em três linhas de ação: 1) caracterização do problema e dos aspectos socioculturais do público-alvo; 2) pesquisa do estado-da-arte e desenvolvimento de soluções assistivas tecnológicas; e 3) construção de comunidade

pela interação dos grupos de interesse. Os autores mencionam a utilização de ferramentas de projeto, como a TRIZ e o Projeto Axiomático (CHAVARRIAGA et al., 2014), mas a ausência de protótipos físicos para validação dos conceitos gerados acaba por limitar a participação do usuário.

Com aplicações mais recentes, podem ser identificadas propostas voltadas a uma maior estruturação do processo de produção de um dispositivo assistivo. Ostuzzi et al. (2015), por exemplo, preocuparam-se em detalhar os diferentes atores envolvidos e seus papéis correspondentes, para cada uma das etapas da metodologia implementada, caracterizada por ciclos iterativos de ideação, prototipagem e testes. Gherardini et al. (2018) também trazem uma abordagem interessante de coprojeto, com destaque para a utilização de ferramentas de avaliação de familiaridade e satisfação com relação ao dispositivo, como PIADS (*Psychosocial Impact of Scale Assistive Devices*) e QUEST (*Québec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology*). Propostas similares podem ser observadas nos trabalhos de Manero et al. (2019) e Schwartz et al. (2019). De maneira geral, no entanto, é possível observar que, mesmo para estudos com metodologias bem estruturadas e detalhadas, a aplicação de técnicas ou ferramentas de projeto é escassa ou não descrita de forma explícita. Por diversas vezes, por exemplo, fala-se em requisitos do usuário para o projeto, sem quaisquer menções sobre como os mesmos são identificados, priorizados e tratados, ou sobre como os conceitos são concebidos e selecionados.

Aflatoony e Lee (2020) propuseram um procedimento para o coprojeto de dispositivos assistivos e realizaram quatro oficinas voltadas ao desenvolvimento de produtos para auxiliar a escrita. Um kit de prototipagem com as ferramentas e os materiais mais comuns nas práticas clínica e de engenharia (como velcro, borracha, esponja, termoplásticos, lixadeira, etc.) foi utilizado, de forma a facilitar a colaboração e o entendimento entre os terapeutas ocupacionais, os *designers* e o usuário final (AFLATOONY; LEE, 2020). Apesar das contribuições em termos da maior aproximação entre as diferentes partes envolvidas, a coleta de dados foi realizada seguindo uma abordagem meramente observacional, de forma que as necessidades do usuário e as dificuldades na execução da atividade foram identificadas a partir da observação do comportamento dos participantes, sem declarações diretas dos mesmos.

Buscando abordar as lacunas em termos da utilização de ferramentas de projeto, Santos e Silveira (2020) propuseram a estruturação de uma metodologia de

projeto, da perspectiva da engenharia e no contexto da Tecnologia Assistiva. A metodologia, denominada Projet8-TA ou, em inglês, *AT-d8sign* (AT-d8), é marcada por um caráter iterativo e dinâmico e visa a aplicação de ferramentas e técnicas da engenharia nos projetos de dispositivos assistivos, com abordagem centrada no usuário. No entanto, ainda não há relatos de uma abordagem sistemática para promover efetivamente a participação do usuário desde o início do desenvolvimento.

Sob a perspectiva de uma abordagem “faça você mesmo” (*do it yourself – DIY*), García et al. (2021) propuseram um protocolo para a criação de Tecnologia Assistiva de baixo custo e para a obtenção das variáveis de interesse. A metodologia é essencialmente dividida nas fases de identificação, criação e implementação, cada uma das quais com sugestões de ferramentas e instrumentos a serem adotados, como ATD PA (*Assistive Technology Device Predisposition Assessment*) e SUS (*System Usability Scale*) (GARCÍA et al., 2021). No entanto, é possível observar algumas limitações na estrutura proposta pelos autores, sobretudo em termos da falta de prospecção de soluções já existentes, da ausência de acompanhamento terapêutico a longo prazo e da não previsão da possibilidade de atualização do protótipo. Além disso, ferramentas de projeto de engenharia não são utilizadas na etapa de criação.

A partir dos estudos levantados, é possível observar que ainda não há uma metodologia de projeto voltada à implementação conjunta de ferramentas de projeto e de instrumentos de coleta de dados e levantamento de requisitos junto aos usuários, de forma a embasar a tomada de decisões em *feedbacks* e opiniões do público-alvo e garantir sua participação de forma mais efetiva.

2.2 IDENTIFICAÇÃO DAS NECESSIDADES DO USUÁRIO

No contexto de projeto centrado no usuário, é possível observar diversas técnicas categorizadas para identificação das necessidades (CAMPESE et al., 2015), algumas das quais com aplicações em Tecnologia Assistiva. Por exemplo, ao desenvolver um equipamento para auxiliar idosos no transporte de compras, Fernandes (2016) registrou a utilização de *sombreamento* (*shadowing*) para observar o público-alvo e entender suas rotinas, interações e contextos. Essa abordagem, por ser conduzida por um observador externo, pode permitir a detecção de aspectos relevantes que o usuário não relataria em entrevistas ou questionários. No entanto, as

peças observadas pelo autor não foram as mesmas que haviam sido previamente entrevistadas, o que pode levar a uma generalização e extrapolação de conclusões que não necessariamente são verdadeiras para todo o público. Seguindo outra perspectiva, a elaboração de um mapa de empatia é mencionada por Tochetto et al. (2016), com foco em paralisia cerebral. Embora o estudo não seja voltado ao desenvolvimento de um dispositivo específico, a ferramenta se mostrou útil para a obtenção de uma visão geral da demanda por produtos, permitindo o entendimento de necessidades específicas do indivíduo, como falas, pensamentos, sentimentos, atitudes, dores e necessidades. Outra técnica já utilizada é conhecida como histórias de usuário (*user stories*), aplicada no desenvolvimento de uma órtese de membro superior para atividades diárias (ZACHARIAS et al., 2019). Ela consiste na elaboração de frases curtas e simples, seguindo o modelo “como <usuário>, eu gostaria de <necessidade> porque <proposição de valor>”. A clareza e objetividade do método facilitam a tradução das necessidades do usuário em requisitos para o projeto, mas os autores conduziram a implementação após a primeira interação com o protótipo, de forma que a definição dos requisitos não foi o ponto de partida para o projeto. Por fim, a criação de personas também é uma abordagem comumente empregada (PAIM; PRIETCH; DUARTE, 2018; THREATT et al., 2017), embora a busca por uma padronização do público-alvo possa não ser representativa do todo e prejudicar o grau de customização do dispositivo assistivo.

Mesmo com suas limitações, as ferramentas e técnicas existentes para identificação das necessidades do usuário permitem que a equipe de projeto colete uma gama de informações. No entanto, a variedade de naturezas desses conhecimentos pode ocasionar uma dispersão em meio a outros dados, e a linguagem informal e pouco objetiva comumente associada pode dificultar a análise dos resultados. Nesse contexto, Campese (2019) propôs o “mapa piramidal” para a criação de uma lista de necessidades do usuário. O método consiste em organizar as informações em uma pirâmide de acordo com as categorias de funcionalidade, interação, atração e impacto, da base para o topo (CAMPESE, 2019). Tal classificação, embora facilite a visualização das informações, ainda não proporciona meios para o tratamento das mesmas. Além disso, o foco é direcionado a empresas desenvolvedoras de produtos eletromédicos, um campo que não requer grau de customização tão elevado quanto o de Tecnologia Assistiva. Essa divergência pode levar, por exemplo, à atribuição de pouca ou nenhuma importância a aspectos

psicológicos e socioemocionais do indivíduo. Portanto, é de vital importância a elaboração de uma abordagem sistemática focada em Tecnologia Assistiva para promover a participação efetiva do usuário desde as etapas iniciais de desenvolvimento. O presente trabalho pretende contribuir nesse aspecto, visando propor uma metodologia para: I) a implementação das ferramentas que permitam um entendimento maior do usuário e seus contextos e uma integração entre os diferentes grupos de interesse; II) a organização clara e direta das informações coletadas a partir das ferramentas pertinentes; III) a tradução objetiva dessas informações em requisitos do usuário; IV) a priorização de requisitos; V) a correspondência dos requisitos com características técnicas; e VI) a validação com o usuário.

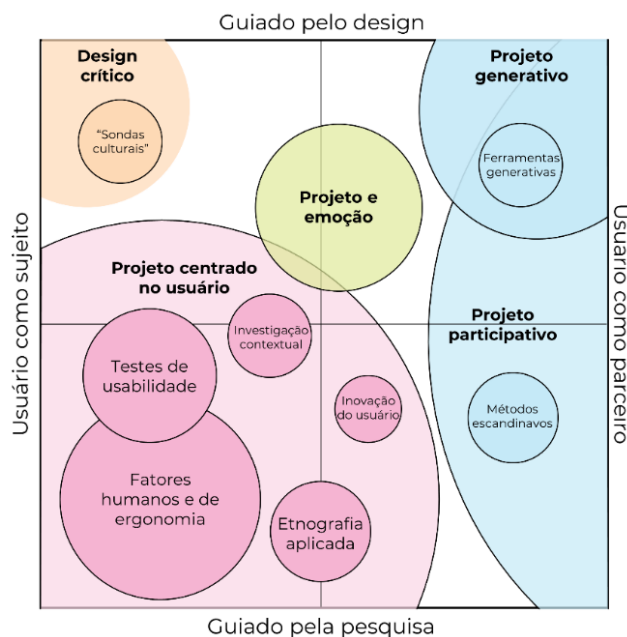
2.3 O PROJETO CENTRADO NO USUÁRIO E O COPROJETO

Ao longo das seções anteriores, diversas terminologias foram introduzidas envolvendo variados níveis e naturezas da participação de usuários no projeto. No entanto, por vezes podem ser observadas divergências entre os estudos quanto às definições adotadas para um mesmo termo. Nesse sentido, para uma melhor compreensão das diferentes abordagens observadas, faz-se necessária uma breve revisão dos conceitos mais amplamente difundidos.

Sanders e Stappers (2008) definiram um panorama geral das práticas recorrentes para participação do usuário a partir de duas dimensões, conforme ilustrado na Figura 2. A dimensão vertical descreve a força motriz da abordagem – se é o design ou a pesquisa –, e a horizontal define o tratamento do usuário – seja ele um sujeito informante e passivo ou um co-criador ativo. Segundo tal mapeamento, duas zonas exercem destaque. O campo do projeto centrado no usuário é majoritariamente caracterizado pela coleta, análise e interpretação de dados para desenvolver especificações ou princípios que guiarão o processo de desenvolvimento (SANDERS, 2006). Dessa forma, o pesquisador é visto como especialista e o usuário como objeto de estudo, sobre o qual devem ser investigados aspectos relacionados a fatores humanos, ergonomia, etnografia e usabilidade. Já o projeto participativo pode ser definido como um processo de investigação, compreensão e reflexão entre múltiplos participantes, envolvendo trocas em que os projetistas aprendem sobre a realidade dos usuários e estes articulam sobre seus objetivos enquanto descobrem meios tecnológicos para atingi-los (ROBERTSON; SIMONSEN, 2012). O uso de

protótipos e ferramentas generativas desempenha papel fundamental nesse contexto, facilitando as interações entre os diferentes domínios, mediando a socialização e servindo como exemplos que estimulam a criatividade (DÖRK et al., 2020).

Figura 2 – Panorama das diferentes abordagens para incluir o usuário



Fonte: traduzido e adaptado de Sanders e Stappers (2008).

No espectro do projeto participativo, surge o conceito de coprojeto, caracterizado pelo emprego colaborativo da criatividade de projetistas e indivíduos não-treinados durante o processo de desenvolvimento (SANDERS; STAPPERS, 2008). Ao contrário do projeto centrado no usuário – em que o indivíduo é apenas observado ou entrevistado para consultas, não participando do núcleo criativo –, na abordagem de coprojeto é atribuída ao usuário a posição de especialista em sua experiência e lhe é oferecida a oportunidade de contribuir na ideação e no desenvolvimento do conceito, de forma que as funções desempenhadas pelas diferentes partes se confundem (SANDERS; STAPPERS, 2008).

Segundo De Couvreur et al. (2013), o processo de coprojeto: I) serve como uma linguagem comum entre as diferentes partes envolvidas, auxiliando na identificação de objetivos significativos e de limites pessoais; II) funciona como um processo exploratório para criar novas possibilidades de se atingir novos objetivos; III) impulsiona os indivíduos a agir para o progresso da atividade; e IV) simula a habituação de novas opções no processo de projeto, como novas tecnologias e habilidades humanas.

2.4 CONTEXTO DO *OPEN DESIGN* NO PROJETO DE ENGENHARIA

As iniciativas voltadas ao coprojeto de dispositivos assistivos têm buscado envolver a participação ativa do usuário nos processos de concepção e manufatura, o que normalmente ocorre por meio de oficinas (AFLATOONY; LEE, 2020). Com a expansão em uso e acessibilidade de técnicas não tradicionais de fabricação, como a manufatura aditiva e demais métodos de fabricação digital, outras estratégias e possibilidades têm surgido. O conceito de projeto aberto (*open design*) desempenha um papel central nesse contexto, podendo ser definido como uma forma de evolução do projeto de engenharia cujos autores autorizam seu compartilhamento e modificação de forma restrita entre parceiros ou, sob sua forma mais democrática, distribuem gratuitamente suas ideias e permitem derivações (VAN ABEL et al., 2011). Segundo revisado por Boisseau, Omhover e Bouchard (2018), três famílias ou práticas do projeto aberto podem ser identificadas: a abordagem “faça você mesmo” (*do it yourself* – DIY), o *metadesign* e o ecossistema industrial, cujas características encontram-se resumidas na Figura 3.

Figura 3 – Famílias de projeto aberto para artefatos físicos e suas características

<i>Família de open design</i>	Faça você mesmo (do-it-yourself)	Metadesign	Ecossistema industrial
<i>Usada por</i>	indivíduos particulares	empresas	empresas
<i>Dedicada a</i>	indivíduos particulares	indivíduos particulares	empresas
<i>Descrição</i>	iniciativa bottom-up, que agrega esforços do usuário para desenvolver produtos	designers auxiliam usuários finais a desenvolver seus próprios produtos, criando um ambiente favorável e proporcionando unidades projetadas para tal (via plataforma, módulos, design paramétrico, etc.)	entidades privadas ou corporativas abrem seus projetos e processos de produto para desenvolver um ecossistema eficiente e justo
<i>Motivações</i>	atender a necessidades do nicho, adaptar um produto a restrições específicas, reduzir custos do produto	aumentar a base de clientes em potencial, adaptar produtos	compartilhar custos e riscos de desenvolvimento, acelerar o processo, padronizar a solução, reduzir a dependência do fornecedor monopolizante
<i>Relacionada a</i>	DIY, inovação do usuário, co-projeto	customização em massa, manufatura descentralizada	padrões abertos, inovação aberta

Fonte: traduzido de Boisseau, Omhover e Bouchard (2018).

Independente da classificação, todos os casos são voltados à democratização do projeto, como consequência direta da manufatura digital, da digitalização do projeto e das novas formas de organização, de forma a aumentar a acessibilidade e proporcionar o estabelecimento de redes de colaboração, em que pessoas com diferentes contextos, formações e especialidades podem contribuir para o projeto (BOISSEAU; OMHOVER; BOUCHARD, 2018).

Diversas comunidades *online* têm surgido e evoluído com o objetivo de gerar ambientes propícios ao compartilhamento de modelos virtuais, como *Thingiverse* [www.thingiverse.com] e *Instructables* [www.instructables.com]. Uma vez que tais repositórios disponibilizam milhares de projetos, desenvolvidos por pessoas com as mais diversas experiências, a linguagem utilizada para descrever os modelos é muito importante, pois pode determinar se eles serão encontrados pelo público-alvo. Nesse sentido, Buehler et al. (2015) foram os primeiros a investigar a presença de Tecnologia Assistiva em uma comunidade *online*, escolhendo a plataforma *Thingiverse* como objeto de estudo por ser o maior repositório aberto até então. Após mapeamento, 363 dispositivos dos mais diversos tipos foram encontrados, desde guias de engomadoria para pessoas com deficiência visual até controladores de ambiente para usuários de cadeiras de rodas, sendo a categoria mais representativa a de ferramentas para gerenciamento de medicação, seguida por próteses (BUEHLER et al., 2015). Ainda no contexto da plataforma *Thingiverse*, Charbonneau, Sellen e Veres (2016) exploraram as possibilidades e limitações de publicar e fabricar dispositivos assistivos através de comunidades *online* de impressão 3D, tomando como estudo de caso uma cadeira de rodas para cachorros. O projeto foi realizado com envolvimento do usuário final na geração do conceito e nas duas iterações subsequentes, visando um produto mais esteticamente agradável, funcional e acessível. Com relação à plataforma em si, os autores observaram que, apesar do potencial à colaboração, há pouco engajamento por parte dos membros da comunidade em aprimorar iterativamente o projeto (CHARBONNEAU; SELLEN; VERES, 2016). Dessa forma, o valor agregado mostrou-se mais significativo por meio da experiência de coprojeto local em comparação às interações virtuais. Portanto, a implementação de diretrizes de comunicação para a publicação de projetos de dispositivos assistivos no *Thingiverse* é vital para a cofabricação e a modificação em um contexto de projeto aberto.

Além de tais repositórios de uso geral, há comunidades voltadas especificamente ao campo da Tecnologia Assistiva. *Makers Making Change*, por

exemplo, é um programa conduzido por uma ONG canadense, que contém uma biblioteca de dispositivos assistivos a partir da qual o indivíduo pode produzir a solução de interesse sozinho ou solicitar à rede de voluntários. A página também conta com um fórum de desafios, em que é possível adicionar ideias ou demandas que ainda não tenham sido atendidas. Mais voltadas à categoria de próteses de membro superior, há as comunidades *Team UnLimbited* [www.teamunlimbited.org], que disponibiliza modelos paramétricos customizáveis, e *e-NABLE* [www.enablingthefuture.org], que recruta voluntários no mundo inteiro para destinar suas impressoras 3D à fabricação das próteses. No Brasil, é possível encontrar voluntários *e-NABLE* no FABLAB UFPB (João Pessoa – PB), no projeto de extensão Mao3D da Unifesp (São José dos Campos – SP), na Associação Dar a Mão (São João do Ivaí – PR) e na *e-NABLE* Brasil, uma parceria entre empresas, ONGs e institutos de reabilitação de diversos estados.

Em um relato de experiências, Hofmann et al. (2016) descreveram as perspectivas de profissionais da saúde, voluntários *e-NABLE* e pesquisadores frente ao movimento DIY na Tecnologia Assistiva. Os autores detectaram uma discrepância entre a prática clínica, em que há dificuldades em alavancar a prototipagem rápida, e o trabalho dos projetistas, que por vezes não conseguem validar os dispositivos desenvolvidos (HOFMANN et al., 2016). Nesse sentido, Cabibihan et al. (2021) levantaram preocupações acerca da adequabilidade de projetos abertos de próteses de mão, sobretudo em termos de funcionalidade, durabilidade e custo de fabricação. Para endereçar tais questões, os autores inicialmente realizaram um levantamento dos principais projetos abertos de próteses de mão, dentre os quais o modelo *Raptor Reloaded Hand* foi selecionado para análises posteriores, por ser amplamente utilizado, apresentar aparência aceitável e ter montagem simples (CABIBIHAN et al., 2021). Foi constatado que a prótese em questão é limitada em termos de movimentos de preensão, podendo executar apenas três das 33 posições possíveis para a mão humana, o que corresponde a segurar objetos similares a uma moeda, uma bola de golfe e um cartão de crédito. Dessa forma, mesmo com a relativa robustez, sobretudo para regiões em que há alta demanda e poucos recursos (como zonas de guerra), as próteses impressas a partir de projetos abertos ainda não são satisfatórias para tarefas funcionais, mas podem auxiliar o usuário e aprimorar sua autoconfiança (CABIBIHAN et al., 2021).

Apesar dos aumentos em disseminação, fabricação e uso de projetos abertos de dispositivos assistivos, poucos são os estudos científicos que adotam uma abordagem de projeto aberto para o desenvolvimento de tais produtos. Bulgarelli et al. (2016), por exemplo, conduziram o projeto PARLOMA, voltado à criação de uma mão robótica que reproduz a linguagem de sinais. Um outro caso pode ser observado no trabalho de Portnova et al. (2018), voltado ao desenvolvimento de uma órtese de mão e punho para indivíduos com lesão medular. O modelo 3D encontra-se disponível para *download* na plataforma *Pinshape*, em conjunto com um manual de instruções para dimensionamento, impressão e montagem [www.pinshape.com/items/25313-3d-printed-3d-printed-wrist-driven-orthosis-wdo]. Os autores seguiram uma abordagem centrada no usuário e, com o modelo proposto, trouxeram contribuições em termos de redução no tempo e custo de fabricação, aprimoramentos de funcionalidade e um maior grau de customização em relação às órteses tradicionais e a estudos anteriores (PORTNOVA et al., 2018). No entanto, aspectos referentes às propriedades dos materiais e resistência à fadiga não foram investigados, que são essenciais para a determinação da durabilidade do dispositivo, para a identificação de possíveis locais e mecanismos de falha e para a otimização da geometria.

A partir das considerações levantadas, é possível observar que, para projetos abertos de dispositivos assistivos, há lacunas em termos de evidências científicas acerca de avaliações de funcionalidade, de compromissos entre design otimizado e custos acessíveis e de diretrizes que favoreçam o engajamento e a colaboração entre os diferentes membros da comunidade.

2.5 A ATIVIDADE DO BANHO

As Atividades da Vida Diária (AVD), por vezes também chamadas de atividades básicas da vida diária (ABVD) ou atividades pessoais da vida diária (APVD), são aquelas conduzidas rotineiramente e voltadas para o cuidado do indivíduo com seu próprio corpo (AMERICAN OCCUPATIONAL THERAPY ASSOCIATION, 2020). Assim como as tarefas correlatas de uso do banheiro e higiene pessoal, o banho também compõe essa ampla categoria de ocupações fundamentais para viver em sociedade, contribuindo para a sobrevivência e o bem-estar do indivíduo (AMERICAN OCCUPATIONAL THERAPY ASSOCIATION, 2020). Ressaltando a essencialidade do autocuidado, a Organização Mundial da Saúde (OMS), como parte de sua iniciativa

GATE (*Global Cooperation on Assistive Technology*), voltada para pesquisa, inovação e educação em Tecnologia Assistiva, elencou a cadeira de banho como um dos 50 itens a compor a lista de produtos assistivos prioritários, reconhecendo sua ampla necessidade e seu impacto na vida do indivíduo e buscando aumentar o acesso a tal recurso a custos viáveis para a comunidade ou o Estado (OMS, 2017). Esse levantamento pode orientar o desenvolvimento de novos produtos, a prestação de serviços e o direcionamento de políticas públicas para aquisição e distribuição do equipamento. No entanto, a complexidade intrínseca à execução da atividade do banho requer a consideração conjunta não apenas de fatores econômicos e de fornecimento, mas também de aspectos individuais, envolvendo as esferas cognitiva, motora, ergonômica, antropométrica, social e ambiental.

2.5.1 Biomecânica

Ao desenvolver um dispositivo assistivo, o projetista deve não apenas entender as necessidades do usuário e elencar os requisitos, mas também compreender de maneira geral a execução da atividade e os movimentos associados. Preocupações envolvendo a segurança durante o uso de cadeiras de banho têm sido há muito levantadas na literatura (FRIESEN; THEODOROS; RUSSELL, 2013). Um estudo descritivo direcionado a pessoas com lesão medular reportou incidências de quedas entre 35% dos usuários de cadeiras de banho entrevistados (NELSON et al., 1993). Nesse contexto, movimentos associados a transferir-se de ou para a cadeira, alcançar suprimentos, inclinar-se para higienizar determinadas regiões ou realizar alívio de pressão são potenciais causas de quedas ao tomar banho com auxílio de um assento (NELSON et al., 2003; ZEJDLIK, 1992). Além disso, permanecer sentado por tempo prolongado em superfícies rígidas pode ocasionar deformações em tecidos responsáveis pela sustentação de peso (LUSTIG et al., 2018), de forma que a frequência e duração da rotina de banho com dispositivos pouco ergonômicos representam possíveis riscos de lesão da pele e desenvolvimento de úlceras de pressão (FRIESEN; THEODOROS; RUSSELL, 2013).

Uma vez que o banho para indivíduos com mobilidade reduzida ainda é uma atividade muito dependente do auxílio de outra pessoa, os responsáveis pelo amparo também são diretamente afetados por falhas de ergonomia em dispositivos assistivos. Entre equipes de enfermagem, por exemplo, atividades de cuidado com o paciente

têm sido reconhecidas como as principais causas de distúrbios musculoesqueléticos (GARG; KAPELLUSCH, 2012), sendo as transferências para higiene e banho comumente listadas entre as mais críticas em termos de estresse físico percebido (HOLMAN, 2006). Nesse sentido, Koppelaar et al. (2012) reportaram reduções no tempo gasto em posturas incorretas de 33% e 24% durante transferências e cuidados de pacientes, respectivamente, quando dispositivos ergonômicos foram utilizados.

Usualmente definida como “o estudo da estrutura e da função dos sistemas biológicos utilizando métodos da Mecânica” (HATZE, 1974), a Biomecânica tem proporcionado ferramentas conceituais e matemáticas necessárias para compreensão das forças por trás dos movimentos de seres vivos (KNUDSON, 2003). Nesse sentido, analisar os princípios biomecânicos por trás da realização de uma atividade específica é fundamental para que os projetistas desenvolvam equipamentos funcionais, ergonômicos, confortáveis e seguros (VAN KEEKEN et al., 2016); para que os profissionais de saúde implementem intervenções que contribuam ativamente para a promoção da independência funcional (KNUDSON, 2003); e para que o indivíduo realize a atividade da maneira mais eficaz, prevenindo degeneração e desconforto (MANN, 2012).

Além do auxílio de outrem, usuários de cadeiras de banho normalmente dependem estritamente da estabilidade e controle do tronco e dos membros superiores para realizar as atividades relacionadas. Dessa forma, o nível de independência acaba por ser diretamente influenciado pela autonomia da metade superior do corpo. No entanto, ao contrário dos membros inferiores, as articulações dos membros superiores são caracterizadas por estruturas instáveis propícias para a realização de atividades que envolvam elevadas amplitudes de movimento, mas com limitações no que se refere ao máximo esforço suportado (MANN, 2012). Nesse contexto, múltiplos fatores corroboram para a degradação e/ou perda de funcionalidade das articulações, como técnicas de transferência inapropriadas (STEVENS; HAAS; HAILEYESUS, 2011), estratégias de compensação inadequadas (JANSSEN-POTTEN et al., 2001; SEELEN; VUURMAN, 1991), discrepância entre o esforço físico necessário e parâmetros indicativos da capacidade física (JANSSEN et al., 1994), entre outros. Objetivando proporcionar o embasamento necessário para minimizar esses efeitos, modelos biomecânicos têm sido sugeridos, com complexidade e metodologia variadas, para mensurar e prever a cinemática (GAGNON et al., 2008a) e a cinética dos membros superiores (KOONTZ et al., 2011),

as forças de contato nas articulações glenoumerais (KANKIPATI et al., 2015) e as forças musculares (GAGNON et al., 2009).

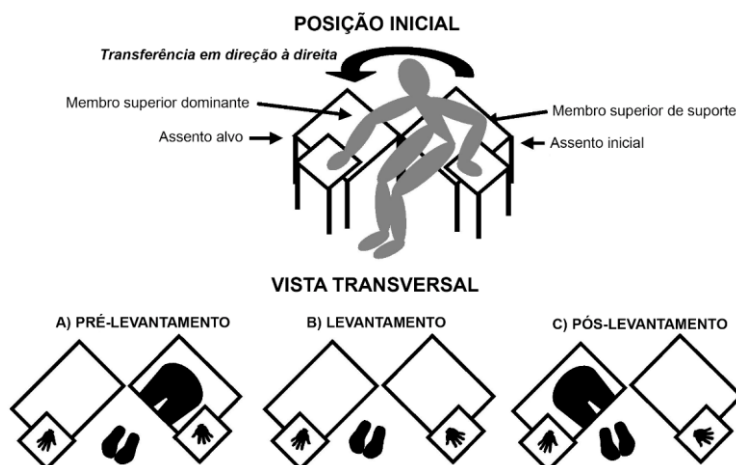
2.5.2 Métodos de transferências

Para usuários de cadeiras de rodas, a execução de transferências, seja de maneira independente ou assistida, é uma etapa necessária à condução de diversas atividades da vida diária, como banho, rotinas vesical e intestinal e locomoção em veículos (SONENBLUM; SPRIGLE; MARTIN, 2016), consistindo em uma das práticas mais extenuantes (GAGNON et al., 2008b) e mais associadas a quedas (SUNG et al., 2019). Em consequência da diversidade dos usuários, principalmente em termos de perfis funcionais e estilos de vida (BARBARESCHI; CHENG; HOLLOWAY, 2018), o número diário de transferências realizadas varia amplamente, com valores reportados entre 8 e 35 (GAGNON et al., 2008b; SONENBLUM; SPRIGLE; MARTIN, 2016). Uma compreensão da mecânica associada às transferências pode contribuir para minimizar efeitos adversos decorrentes da demanda muscular excessiva (MANN, 2012), uma vez que indivíduos que se transferem de maneira apropriada estão menos suscetíveis a desenvolver lesões e patologias nos ombros (HOGABOOM; WOROBEY; BONINGER, 2016). Nesse sentido, McClure et al. (2011) desenvolveram uma métrica padronizada conhecida como TAI (*Transfer Assessment Instrument*) para avaliar o desempenho em transferências em aspectos como segurança e estratégias para conservação do membro superior. Mais recentemente, uma versão em questionário desse instrumento foi criada, de forma a permitir autoavaliação e aumentar a acessibilidade, apresentando níveis de exatidão e precisão entre moderados e aceitáveis (WOROBEY et al., 2018, 2020).

Em termos de transferências independentes, diversos métodos e estratégias têm sido explorados, dentre os quais o conhecido como SPT (*sitting pivot transfer*) é o mais comumente empregado (KOONTZ et al., 2011). O método SPT é definido por duas superfícies que formam entre si um ângulo entre 25 e 65 graus, a depender da preferência individual (MANN, 2012). Como representado na Figura 4, inicialmente, na fase conhecida como preparação ou pré-levantamento, o indivíduo desloca-se para frente na cadeira e apoia os pés no chão. A mão dominante é posicionada na superfície “alvo”, enquanto a outra mão (de suporte) é mantida no apoio inicial (cadeira de rodas, barras de apoio, cama, etc.). A transferência tem início a partir dessa

posição, quando os braços suspendem o corpo e o movimentam lateralmente, enquanto também controlam os movimentos do tronco e dos membros inferiores em relação aos pés. Por fim, o processo está completo quando a pessoa se encontra na superfície alvo e retoma a estabilidade postural.

Figura 4 – Representação esquemática das fases da transferência SPT



Na vista transversal, da esquerda para a direita, é possível observar a sequência de pré-levantamento (a), levantamento (b) e pós-levantamento (c). Fonte: adaptado de Gagnon et al. (2009).

Pequenas variações podem ser observadas em técnicas SPT, sobretudo em termos de posicionamento das mãos e flexão do tronco. Nesse sentido, Koontz et al. (2011) analisaram três abordagens SPT diferentes, executadas por pessoas sem restrição de mobilidade, e observaram que as técnicas conhecidas como cabeça-quadril (*head-hips*), quando a cabeça se move na direção contrária à pelve e o indivíduo se inclina para frente, reduzem as forças verticais e amplificam os momentos atuantes no ombro, no cotovelo e na mão em comparação às transferências com o tronco ereto. Para verificar esse resultado, Kankipati et al. (2015) realizaram o mesmo experimento, mas contando com a participação de indivíduos com lesão medular. Os autores não encontraram relações tão simples quanto as do estudo anterior, detectando compromissos nas magnitudes de forças e momentos entre as diferentes técnicas. Eles observaram que o posicionamento da mão é um fator chave na cinética das articulações, indicando que, para reduzir as forças totais atuantes, o indivíduo deve manter a mão dominante inicialmente próxima ao corpo e realizar o grau de flexão de tronco necessário para facilitar o movimento (KANKIPATI et al., 2015). As implicações clínicas decorrentes sugerem que, para que a estratégia mais apropriada seja traçada, é preciso que as circunstâncias de execução e as particularidades

individuais sejam consideradas e que um objetivo geral seja estabelecido, como redução do tempo de execução, minimização das forças nas articulações ou aumento da eficiência.

Além das avaliações cinéticas, também podem ser encontrados registros de deslocamentos angulares e padrões de velocidade referentes a tronco, ombro, cotovelo e pulso. Gagnon et al. (2008a), por exemplo, foram os primeiros a reportar padrões cinemáticos referentes aos membros superiores de indivíduos com lesão medular realizando transferências independentes por suas técnicas de preferência. Tais dados contribuem para um maior entendimento acerca dos mecanismos de transferência e para que sejam traçadas estratégias visando a diminuição do risco de problemas musculoesqueléticas secundários. Por exemplo, os autores destacaram que a combinação de movimentos no ombro de suporte pode estar relacionada ao desenvolvimento de síndrome do impacto e que as altas velocidades angulares e as elevadas amplitudes observadas durante a extensão do ombro dominante podem comprometer a integridade da articulação (GAGNON et al., 2008a). Tais registros cinemáticos são vitais para uma análise de estabilidade do equipamento assistivo. Seguindo um procedimento experimental análogo, Gagnon et al. (2009) analisaram as demandas musculares associadas às transferências, observando que o deslocamento para um assento mais elevado ocasionava níveis de ativação muscular significativamente mais elevados em comparação à transferência entre assentos da mesma altura.

Esses estudos demonstram que, apesar da grande demanda imposta sobre membros superiores, pouca atenção tem sido dada a dispositivos assistivos para reduzir tais esforços e aprimorar a funcionalidade. As investigações biomecânicas são, em sua maioria, voltadas a indivíduos com lesão medular, que, embora componham um grupo significativo de usuários, não são representativos da população inteira. Para que resultados mais generalizáveis sejam alcançados, é preciso que as pesquisas sejam conduzidas com grupos criados por nível de funcionalidade, e não por diagnóstico (CRYTZER et al., 2017).

2.5.3 Medições antropométricas

A antropometria é o ramo das ciências biológicas que se preocupa com o estudo das medidas do corpo humano, como tamanho, formato, força, mobilidade,

flexibilidade e capacidade de trabalho (PHEASANT; HASLEGRAVE, 2018). Tal área do conhecimento auxilia na criação de produtos, espaços e serviços mais adequados para os indivíduos, considerando diferentes dimensões corporais e requerimentos de atividades (DIANAT; MOLENBROEK; CASTELLUCCI, 2018). Portanto, para uma abordagem de projeto centrada no usuário, é essencial a busca por um entendimento acerca do corpo humano e da forma como as interações com o meio ocorrem (BRAGANÇA et al., 2019).

Estudos têm mostrado que características antropométricas variam conforme a presença e o tipo de deficiência (BRAGANÇA et al., 2019), uma vez que a natureza da restrição de movimento ocasiona diferentes distribuições de tônus muscular, massa óssea ou estatura corporal (HOBSON; MOLENBROEK, 1990). Dessa forma, projetar equipamentos assistivos com base em dados de uma população que não apresenta mobilidade reduzida pode originar produtos desconfortáveis, pouco eficientes na execução das atividades de interesse e que não promovem interações satisfatórias com o ambiente construído (GOSWAMI; GANGULI; CHATTERJEE, 1986; RIZO-CORONA et al., 2019).

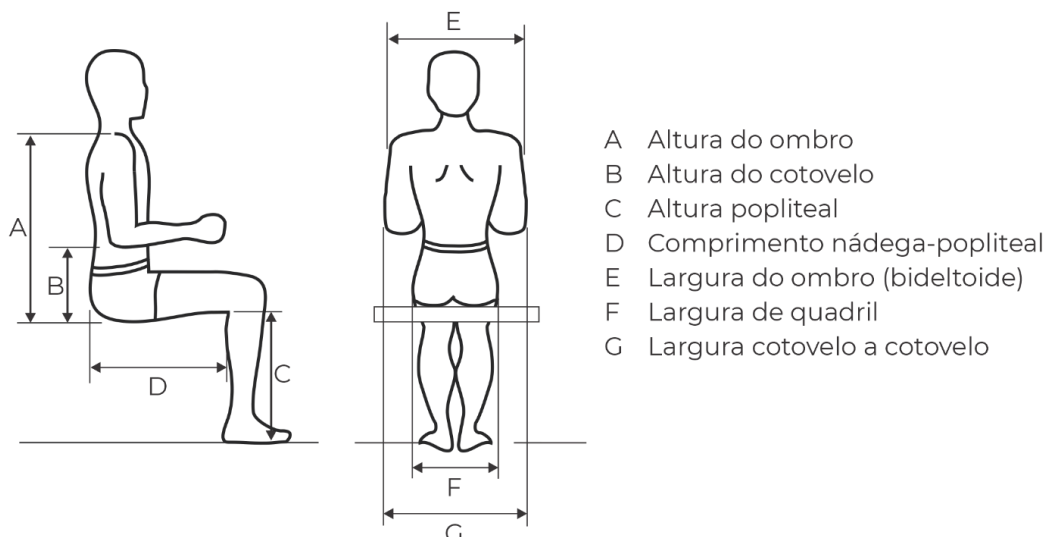
Além das diferenças antropométricas existentes entre indivíduos sem e com restrições de movimento, também há distinções entre pessoas com um mesmo contexto clínico, decorrentes de fatores como gênero, idade, etnia e ocupação. Por exemplo, praticantes de esportes profissionais e indivíduos que servem às forças armadas podem apresentar diferenças significativas em termos de estatura, altura do ombro, massa corporal, envergadura e largura do ombro em comparação à população geral (HSIAO; WHISLER; BRADTMILLER, 2021; RADU; POPOVICI; PUNI, 2015). Já com relação às diferenças étnicas, Urrutia et al. (2015) realizaram medições em 22 adultos chilenos para guiar o projeto de uma cadeira de rodas e observaram mudanças significativas em comparação a estudos anteriores realizados nos Estados Unidos e no Canadá (DAS; KOZEY, 1999), incluindo maior largura de quadril e menor altura popliteal.

Apesar da importância da criação de bases de dados específicas à população de interesse, registros de dimensões antropométricas estruturais e funcionais referentes a usuários de cadeiras de rodas são escassos, conforme revisado por Bragança et al. (2019). Além disso, há inconsistências entre os poucos estudos existentes, sobretudo no que se refere à nomenclatura adotada, às medidas obtidas, às amostras utilizadas e aos métodos aplicados, o que dificulta a comparação e

combinação de informações entre pesquisas (PAQUET; FEATHERS, 2004). Na maioria dos casos, não há menção às normas que visam a padronização de como mensurar e representar dados de antropometria (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010; MARFELL-JONES; STEWART; DE RIDDER, 2012).

Embora os padrões técnicos normativos devam ser seguidos, eles não apresentam guias acerca de quais dimensões devem ser inclusas, deixando em aberto de acordo com o propósito da investigação. Estudos focados em desempenho esportivo, por exemplo, costumam avaliar composição corporal e dobras cutâneas como indicativos de condicionamento físico (GOOSEY-TOLFREY et al., 2016), enquanto que aqueles voltados para questões médicas exploram possíveis relações entre variáveis antropométricas e a ocorrência de distúrbios, como obesidade (ZWIERZCHOWSKA et al., 2014). Isso gera uma variabilidade entre estudos sobretudo em termos de quantas variáveis são mensuradas e de quais pontos de referência são utilizados. As medidas antropométricas relevantes para o dimensionamento apropriado de uma cadeira de banho estão representadas na Figura 5, conforme as nomenclaturas e definições apresentadas na norma NBR ISO 7250-1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2010).

Figura 5 – Representação das medidas antropométricas de interesse em um modelo humano



- A Altura do ombro
- B Altura do cotovelo
- C Altura popliteal
- D Comprimento nádega-popliteal
- E Largura do ombro (bideltaide)
- F Largura de quadril
- G Largura cotovelo a cotovelo

Fonte: elaborado pela autora.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Tendo em vista os objetivos traçados para a presente pesquisa, o fluxo de trabalho adotado foi dividido em dois estágios principais: o de elaboração de um procedimento para tomada de decisões técnicas nas fases iniciais do projeto e o de implementação de tal procedimento, através do desenvolvimento de um equipamento assistivo para banho. Esta seção apresenta a sequência de técnicas, ferramentas e estratégias empregadas em cada uma das etapas.

3.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA E EMPÍRICA

Inicialmente, buscou-se um entendimento geral do estado-da-arte no que se refere a aplicações de métodos, procedimentos e instrumentos que se propõem a promover a participação efetiva do usuário em projetos de dispositivos assistivos. Dessa forma, foi possível detectar as principais lacunas nas abordagens existentes e mapear as ferramentas mais utilizadas para coleta de dados junto ao público-alvo, assim como suas vantagens e limitações. As bases de dados *Scopus*, *Pubmed* e *Web of Science* foram consultadas, com a seguinte combinação de palavras-chave: *(assistive technology OR assistive device) AND (user-centered design OR user-centred design OR ucd OR co-design OR codesign OR participatory design) AND (method* OR tool OR framework)*. Buscas em língua portuguesa também foram realizadas por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações. Não houve necessidade de seguir uma sistematização nesta etapa, uma vez que foram encontradas revisões semelhantes cujos resultados puderam ser aproveitados, consultados, atualizados e adaptados para os objetivos do presente trabalho (CAMPESE, 2019; SANTOS; SILVEIRA, 2021). A seleção dos estudos relevantes foi realizada com base em leitura dos títulos e dos resumos.

Após obtenção de uma visão geral das evidências científicas referentes ao tópico de estudo, buscou-se compreender como ocorrem a detecção da demanda e a prescrição de um dispositivo assistivo atualmente na prática clínica. Para isso, entrevistas não estruturadas foram realizadas com a terapeuta ocupacional colaboradora deste projeto. Por fim, também se tomou como base as experiências prévias do grupo de pesquisa com projetos multidisciplinares de Tecnologia Assistiva.

3.2 ELABORAÇÃO DO PROCEDIMENTO

A partir da fundamentação previamente descrita, foi elaborado o procedimento a que se propõe este trabalho, objetivando guiar a tomada de decisões de projeto, incluir o conceito de projeto participativo e sistematizar a participação efetiva do usuário, sob a ótica da customização. Para garantir coerência ao método, foram definidas a área de aplicação, a perspectiva e as diretrizes (ANDERSEN et al., 1990), conforme detalhado na Tabela 1. As técnicas e ferramentas a serem empregadas foram selecionadas com base na organização proposta por Sanders, Brandt e Binder (2010), que as categoriza em três dimensões: forma de ação, propósito e contexto. Ao longo dos processos de proposição e implementação, buscou-se seguir os princípios do projeto participativo, baseados em: relações de poder igualitárias, práticas democráticas, ação baseada na situação, aprendizado mútuo e visões alternativas sobre a tecnologia (KENSING; GREENBAUM, 2012).

Tabela 1 – Definição dos principais elementos do procedimento proposto

Elemento	Definição
Área de aplicação	Projetos de Tecnologia Assistiva
Perspectiva	Promover a participação do usuário, atendendo aos princípios do projeto participativo
Diretrizes (ferramentas, técnicas e princípios de organização)	Relatos, experiências e observações da prática clínica Entrevistas e questionários Observações com grupo focal para discussão dos conceitos Apresentação de soluções já existentes Apresentação das diferentes versões do protótipo Categorização e priorização de comentários Instrumentos de mapeamento e avaliação da prática clínica

Os instrumentos de prática clínica, assim como os roteiros, questionários e estratégias de categorização desenvolvidos serão tratados em maiores detalhes nas seções correspondentes. Fonte: elaborado pela autora.

3.3 LEVANTAMENTO DE SOLUÇÕES EXISTENTES

A revisão dos estados da técnica e da arte é fundamental para verificar as lacunas tecnológicas de equipamentos assistivos utilizados para o banho, bem como

consolidar a oportunidade de pesquisa. Além disso, também proporciona um importante meio facilitador da comunicação entre a equipe de projeto e o usuário final, diminuindo as barreiras de linguagens técnicas e permitindo que determinados recursos e funcionalidades sejam apresentados visualmente e tenham suas importâncias avaliadas pelo público-alvo. Esta etapa foi concretizada pela busca em três domínios: de patentes, de produtos comerciais e de artigos científicos. O foco foi direcionado a cadeiras móveis, para utilização em chuveiro, não banheira.

Para procura por patentes, os termos (*shower chair*) OR (*bath chair*) foram consultados nas bases de dados do INPI (Instituto Nacional da Propriedade Intelectual), do USPTO (*United States Patent and Trademark Office*), da WIPO (*World Intellectual Property Organization*), *Google Patents* e *Espacenet*. Produtos comerciais foram pesquisados em catálogos dos principais fabricantes e revendedores nacionais e internacionais, como CDS, Dune, Jaguaribe, Prolife, Ortomobil, Ortobras, Ortomix, Vanzetti, Nuprodx e Rifton. Por fim, uma revisão foi conduzida segundo a metodologia PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses*). Nesse caso, as bases de dados *Scopus*, *Pubmed*, *Web of Science* e Ovid MEDLINE foram consultadas durante o mês de abril de 2021. Formulada com auxílio da estratégia PICO (*Population, Intervention, Comparison, and Outcomes*), a seguinte pergunta guiou a revisão: para pessoas com mobilidade reduzida, quais as evidências científicas voltadas ao projeto e avaliação de equipamentos assistivos para o banho? As áreas de desenvolvimento tecnológico, metodologia de projeto, avaliação clínica e testes de desempenho foram consideradas. Não houve restrição quanto à faixa etária da população dos estudos considerados, uma vez que buscou-se identificar não apenas lacunas tecnológicas, mas também de sistematização de projeto. Estudos envolvendo soluções exclusivas para transferências ou para higiene, adaptações em ambientes ou banho em leito foram excluídos da análise. A Tabela 2 apresenta o conjunto de termos de busca adotadas para a revisão. É importante destacar que Friesen, Theodoros e Russel (2013) já realizaram uma revisão semelhante, mas com foco direcionado a cadeiras para adultos com lesão medular. Nesse caso, não havia o requisito de utilização em banho, de forma que equipamentos exclusivos para vaso sanitário também foram revisados pelos autores (FRIESEN; THEODOROS; RUSSELL, 2013). Além disso, os artigos científicos referenciados na revisão mencionada são muito antigos, o mais recente dos quais data do ano 2005. As demais referências, que representam a maior parte dos estudos considerados, são normas

australianas que não se encontram acessíveis ao grande público, o que dificulta a consulta e o acesso à informação. Tais constatações justificam a decisão pela realização de uma nova revisão para atender às necessidades do presente trabalho.

Tabela 2 – Palavras-chave utilizadas na revisão segundo a estratégia PICO

Acrônimo	Definição	Palavras-chave
P	População ou problema	<i>impair* OR disability OR disabled OR user OR patient</i>
I	Intervenção	<i>assistive technology OR assistive device OR assistive equipment</i>
C	Controle ou comparação	-
O	Desfecho	<i>bath* OR shower*</i>

Fonte: elaborado pela autora.

3.4 PÚBLICO-ALVO

Para entendimento das necessidades do público-alvo, é vital a delimitação apropriada das principais condições a serem contempladas pelo produto desenvolvido. Neste trabalho, o foco foi direcionado a indivíduos com um perfil funcional específico, conforme descrito a seguir.

3.4.1 Perfil funcional

A escala de Medida de Independência Funcional (MIF) foi utilizada para caracterização da independência conforme descrito na Tabela 3 (RIBERTO et al., 2001). O grupo de usuários foi definido de forma a abranger pessoas com níveis de funcionalidade no banho classificados como dependência modificada (níveis 3, 4 ou 5 da MIF) ou independência modificada (nível 6 da MIF), desempenhando, portanto, pelo menos 50% da atividade mencionada sem auxílio, tomando como base a estratégia atual de realização. Alguns exemplos de condições de saúde que podem ocasionar o perfil mencionado são paralisia cerebral, lesão medular, distrofia muscular, traumatismo cranioencefálico, acidente vascular encefálico, malformações congênitas e amputações de membros, além do declínio funcional decorrente do processo de envelhecimento.

Tabela 3 – Níveis de funcionalidade segundo a escala MIF

	Independência	
	7 – Independência completa (com segurança e tempo normal)	Sem assistência
	6 – Independência modificada (ajuda técnica)	
	Dependência modificada	
Níveis	5 – Supervisão	
	4 – Assistência mínima (sujeito $\geq 75\%$)	
	3 – Assistência moderada (sujeito $\geq 50\%$)	Com assistência
Dependência completa		
	2 – Assistência máxima (sujeito $\geq 25\%$)	
	1 – Assistência total	

Fonte: adaptado de Riberto et al. (2001).

Para a condução deste trabalho, buscava-se promover, de forma sistemática, a participação efetiva dos usuários desde as etapas iniciais de desenvolvimento, de forma que eles opinassem sobre os requisitos que o produto deveria ter e auxiliassem na tomada de decisões ao longo do projeto. Para isso, foi estabelecido como critério de inclusão que os participantes fossem adultos (acima de 18 anos) e tivessem a cognição preservada, o que foi avaliado através da aplicação de um instrumento padronizado, o Miniexame do Estado Mental (MEEM). Os pontos de corte foram considerados conforme o nível de escolaridade, seguindo os escores medianos reportados por Brucki et al. (2003), já recomendados pela Academia Brasileira de Neurologia para rastreio da doença de Alzheimer (NITRINI et al., 2005).

Como o estudo envolveu seres humanos, o projeto de pesquisa foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisas em Seres Humanos (CEP) da Universidade Federal de São Carlos (CAAE 45970821.2.0000.5504). Os Termos de Consentimento Livres e Esclarecidos (TCLEs) foram elaborados para cada etapa de participação, contendo os objetivos, riscos e benefícios do trabalho e garantindo o anonimato e o sigilo em relação aos dados pessoais/confidenciais.

3.4.2 Determinação do tamanho da amostra

A determinação apropriada do tamanho da amostra também é um aspecto deste estudo que apresenta um avanço quando comparado a trabalhos similares

destinados ao projeto de dispositivos assistivos, em sua maioria focados em um usuário (DAY; RILEY, 2018; LEE et al., 2019; SANTOS et al., 2019) ou sem descrição de um maior embasamento estatístico (GHERARDINI et al., 2018; HARING et al., 2019). Como não há o conhecimento prévio do tamanho real da população de interesse, o cálculo amostral foi realizado com base na estimativa da satisfação média do usuário com o dispositivo assistivo, conforme formulado pela Equação 1:

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha/2} \times \sigma}{E} \right)^2, \quad (1)$$

em que $Z_{\alpha/2}$ é o valor crítico (tabelado) para o nível de confiança desejado, σ é o desvio padrão da variável estudada (satisfação) e E é a margem de erro pré-estabelecida entre a média amostral e a verdadeira média populacional (TRIOLA, 2005). Estudos anteriores reportaram desvios-padrão de 0,7 em satisfação com cadeira de banho, considerando uma escala de 1 a 5 (FRIESEN; THEODOROS; RUSSELL, 2016a). Estabelecendo que a margem de erro entre a média amostral e a populacional não ultrapasse 0,4 na mesma escala anterior de satisfação a um nível de confiança de 95%, foi possível determinar uma amostra mínima de doze indivíduos:

$$n = \left(\frac{1,96 \times 0,7}{0,4} \right)^2 \approx 11,8 \Rightarrow n = 12$$

3.4.3 Seleção de usuários participantes

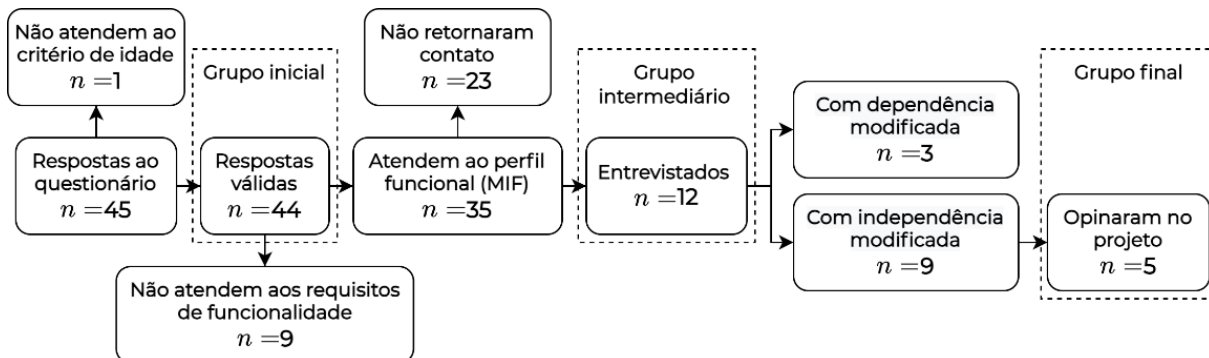
Os critérios de inclusão pré-estabelecidos (requisitos de funcionalidade e de cognição) foram verificados através de um mapeamento inicial junto a participantes voluntários convidados. A chamada para colaboração na pesquisa está apresentada no Apêndice A e foi divulgada abertamente em: I) grupos de redes sociais; II) instituições ligadas a idosos e pessoas com deficiência física; e III) e-mails direcionados a Centros Especializados em Reabilitação (CER), Organizações Não-Governamentais (ONGs) e clubes de treinamento de atletas paralímpicos. Para identificação e seleção dos usuários participantes, foi desenvolvido um questionário eletrônico pela ferramenta *Google Forms*, de forma a possibilitar a triagem de acordo com o perfil funcional desejado. As perguntas foram elaboradas com base na árvore de decisões da MIF motora (BRASIL, 2006). Embora o critério de inclusão relacionado à funcionalidade fosse apenas referente à MIF para o banho, o questionário também coletou informações que permitissem classificação segundo a MIF para

transferências. Não havia restrição de cidade de moradia, uma vez que todas as interações foram planejadas para ocorrer de forma remota. Como é possível observar no Apêndice B, o questionário tinha início com um Termo de Compromisso Livre e Esclarecido (TCLE), detalhando a participação na pesquisa, de forma que só era possível responder às perguntas caso o indivíduo concordasse com as condições, determinações e procedimentos da pesquisa.

Após obtenção das respostas ao questionário, os indivíduos que foram categorizados como pertencentes aos níveis 3, 4, 5 ou 6 da MIF para o banho foram convidados a participar de uma entrevista *online* para aplicação do MEEM. O roteiro para essa entrevista encontra-se presente no Apêndice C e foi adaptado a partir dos Cadernos de Atenção Básica publicados pelo Ministério da Saúde (BRASIL, 2006). Além da avaliação cognitiva, tal interação foi também composta por uma segunda seção, destinada à contextualização acerca das circunstâncias envolvidas na rotina do banho para pessoas com mobilidade reduzida e à compreensão das principais demandas do público-alvo, de forma a embasar o levantamento de requisitos. A amostra mínima previamente calculada (doze) foi direcionada a esta etapa, uma vez que o levantamento sistemático de requisitos é o principal foco do presente trabalho.

Combinando os resultados do mapeamento funcional, do exame cognitivo e dos dados coletados nas entrevistas, cinco dos participantes categorizados como MIF 6 foram convidados a dar continuidade à colaboração, através do compartilhamento de opiniões e retornos acerca da condução do projeto e do modelo virtual elaborado. A seleção foi realizada por conveniência, e o tamanho da amostra foi determinado de forma a alcançar a profundidade de expressão de cada participante ao longo de discussões em grupo. Um segundo TCLE (Apêndice D) foi enviado para esses indivíduos, e a participação só foi efetivada mediante assinatura do mesmo. Como esquematizado na Figura 6, podem ser definidos, portanto, três grupos de usuários voluntários no presente trabalho, com diferentes níveis de participação: o grupo inicial, que apenas respondeu o questionário de mapeamento, o grupo intermediário, que participou da entrevista para avaliação cognitiva e levantamento de requisitos, e o grupo final, que opinou no desenvolvimento do modelo virtual.

Figura 6 – Etapas envolvidas no processo de seleção de usuários participantes



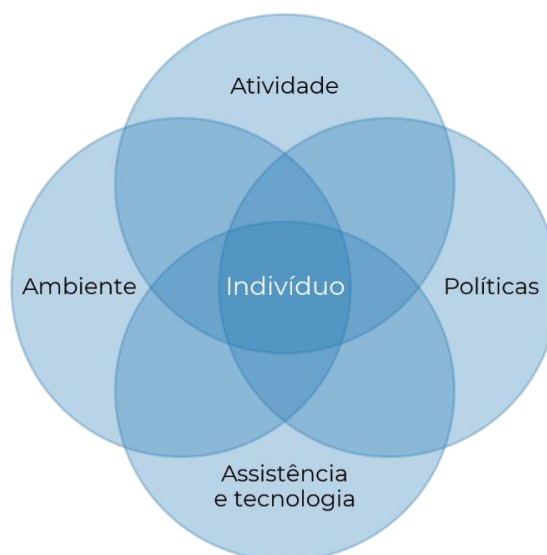
Fonte: elaborado pela autora.

3.5 COLETA DE DADOS JUNTO AOS USUÁRIOS

Informações referentes à idade, cidade de moradia, nível de escolaridade e funcionalidade para o banho e para as transferências foram coletadas junto ao grupo inicial de usuários por meio de questionário eletrônico. Já com o grupo intermediário, a entrevista realizada conforme o roteiro do Apêndice C combinou perguntas de elaboração própria com a aplicação de dois instrumentos padronizados e comumente utilizados na prática clínica: o MEEM (Miniexame do Estado Mental) e o QUEST (*Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology*). Além disso, foram empregados o raciocínio e a escala de pontuação propostos pelo instrumento COPM (*Canadian Occupational Performance Measure*). O objetivo de tal adaptação foi a investigação da importância da atividade do banho, da percepção acerca do desempenho funcional para essa atividade e da satisfação com o mesmo, sob a perspectiva de cada participante. O modelo teórico PHAATE (*Policy, Human, Activity, Assistance and Technology, and Environment*) foi selecionado para guiar a elaboração das perguntas, pois representa os fatores que devem ser considerados no projeto de um dispositivo assistivo ou no desenvolvimento de um sistema de prestação de serviços (COOPER, 2007). Conforme ilustrado na Figura 7, esse modelo considera o indivíduo como centro e inclui, além da atividade em si, o ambiente em que ela ocorre, a assistência e a tecnologia necessárias para execução e as políticas de fornecimento, manutenção e acompanhamento (COOPER, 2007). Dessa forma, ele facilita um entendimento heurístico dos fatores que influenciam a utilização e o desempenho de dispositivos assistivos (FRIESEN; THEODOROS; RUSSELL, 2015). No presente trabalho, os seguintes elementos foram relacionados aos fatores mencionados:

- Políticas: prestação de serviços associados, conhecimento e acesso do indivíduo a tais serviços, avaliação, seleção, especificação, financiamento, manutenção e descarte do dispositivo assistivo.
- Atividade: passo a passo seguido e tarefas relacionadas, frequência de realização e dificuldades de movimento associadas.
- Assistência e tecnologia: características do recurso utilizado e principais queixas associadas, natureza do auxílio prestado por outrem e detalhamento das etapas em que se faz necessário.
- Ambiente: tamanho do espaço físico disponível, rota para se chegar ao local de realização da atividade e existência de obstáculos ou fontes de riscos.

Figura 7 – Diagrama esquemático representando o modelo PHAATE



Fonte: elaborado pela autora, com base em Cooper (2007).

Para também compor partes da entrevista, o questionário eletrônico eMAST, desenvolvido e validado por Friesen, Theodoros e Russell (2016b) para avaliação de usabilidade de cadeiras de banho, foi traduzido, adaptado e utilizado como base para a elaboração das perguntas relativas à concordância com afirmativas sobre o equipamento atual e à importância de recursos em uma cadeira de banho futura. As perguntas referentes à aplicação de tal instrumento estão identificadas no Apêndice C com “eMAST*” entre parênteses, para indicar que não são idênticas ao questionário original, mas sim adaptações. Em uma análise quantitativa, as médias e desvios padrão de satisfação, concordância e importância para cada item considerado foram calculados. As transcrições das entrevistas foram analisadas com auxílio do software

ATLAS.ti®, visando codificação e categorização de sugestões e comentários negativos observados ao longo dos relatos.

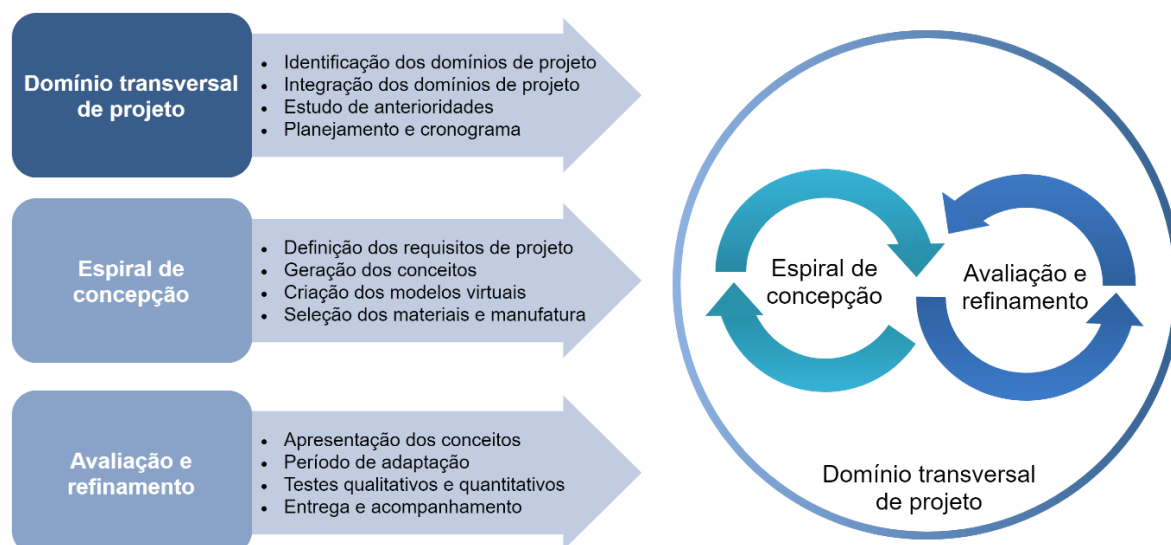
Com os usuários que deram continuidade à participação, discussões em grupo foram realizadas de forma remota para obtenção de retorno sobre aspectos de projeto. Os cinco participantes desta etapa foram divididos em dois grupos, de acordo sobretudo com disponibilidade de horário. Para as conversas, imagens renderizadas e animações foram preparadas por meio do software *SolidWorks*®, visando proporcionar melhor visualização de diferentes ângulos e aspectos da cadeira. O mesmo roteiro foi seguido para ambos os grupos, consistindo essencialmente em: I) apresentar os componentes e funcionalidades idealizados; II) investigar fatores como preocupações e riscos associados, incorporação à rotina, facilidade de execução dos ajustes e relevância da solução para cada requisito a que se propõe atender; e III) coletar opiniões gerais dos participantes acerca dos diversos aspectos de projeto.

3.6 METODOLOGIA PROJET8-TA

O procedimento proposto neste trabalho é integrado à metodologia *Projet8-TA* (P8-TA), de forma que ela também está sendo implementada para o projeto do equipamento assistivo para banho. Proposta por Santos e Silveira (2020) e expandida e readequada com base em Pahl et al. (2007) e Ullman (2010), ela sintetiza as experiências adquiridas em trabalhos multidisciplinares realizados por Souza (2016), Barbosa (2016), Kaneko (2018), Loureiro (2019), Martinez (2020) e Cavalcanti et al. (2020), com foco em dispositivos assistivos.

A metodologia é dividida em três fases principais, como pode ser visto na Figura 8: (1) Domínio transversal de projeto; (2) Espiral de concepção; e (3) Avaliação e refinamento. O nome adotado é uma referência à palavra projeto e à sigla para Tecnologia Assistiva, além de representar o seu caráter iterativo e dinâmico e o fluxo das informações entre as partes envolvidas e entre as fases, as quais não são propriamente sequenciais, mas antes desenvolvidas de maneira paralela e cíclica. Enquanto a primeira fase tem um caráter mais preparatório, as duas últimas representam o núcleo criativo do processo. Cada uma delas, por sua vez, se subdivide em quatro etapas principais.

Figura 8 – Metodologia Projet8-TA (fases e tarefas)



Fonte: Santos e Silveira (2020).

A primeira fase – Domínio transversal de projeto (DTP) – visa a criação do arcabouço fundamental de conhecimentos, habilidades e experiências para o desenvolvimento do projeto, a partir da integração de todos os domínios de interesse. A segunda fase – Espiral de concepção – é o núcleo mais criativo do processo, no qual são elaborados e aperfeiçoados, com o auxílio de ferramentas e técnicas de projeto, os conceitos e soluções sobre o DA e no qual são fabricados, por meio de técnicas aditivas de baixo custo, os protótipos conceituais funcionais. Por fim, a terceira fase – Avaliação e refinamento – tem por objetivo avaliar junto ao usuário e demais membros do DTP a satisfação em relação ao DA, bem como sua funcionalidade e eficácia, de maneira e realimentar a fase anterior em busca do aperfeiçoamento do projeto.

3.6.1 A integração do procedimento proposto

Conforme representado na Figura 8, a fase de domínio transversal de projeto tem início com a identificação e integração dos domínios de projeto. No entanto, diferentemente das etapas subsequentes, não há na metodologia proposta por Santos e Silveira (2020) uma descrição detalhada de como tal integração entre as diferentes partes pode ser efetivada. Uma perspectiva multidisciplinar desbalanceada, hierárquica ou que limita a participação do usuário apenas a consultas pontuais pode levar a um produto final que não corresponde aos contextos, expectativas e

preferências do indivíduo. O levantamento de requisitos, portanto, é um resultado direto do processo de comunicação e colaboração e é crucial ao desenvolvimento de dispositivos assistivos com maior usabilidade (ZACHARIAS et al., 2019).

Métodos tradicionalmente empregados para priorização e tratamento de requisitos usualmente não garantem a coleta de informações junto aos usuários (ZACHARIAS et al., 2019). Para o campo da Tecnologia Assistiva, tal lacuna é ainda mais crítica, uma vez que um mesmo produto pode atender a múltiplos usuários com diferentes necessidades, de forma que a generalização e a padronização não são aplicáveis e a caracterização prévia do público-alvo é fundamental. Portanto, o procedimento proposto no presente trabalho atua essencialmente na fase de domínio transversal do projeto, detalhando de forma mais estruturada o passo-a-passo e os instrumentos que podem ser implementados para identificação e integração dos domínios, potencialmente proporcionando a definição apropriada de requisitos e o desenvolvimento de um produto mais adequado à realidade do público-alvo.

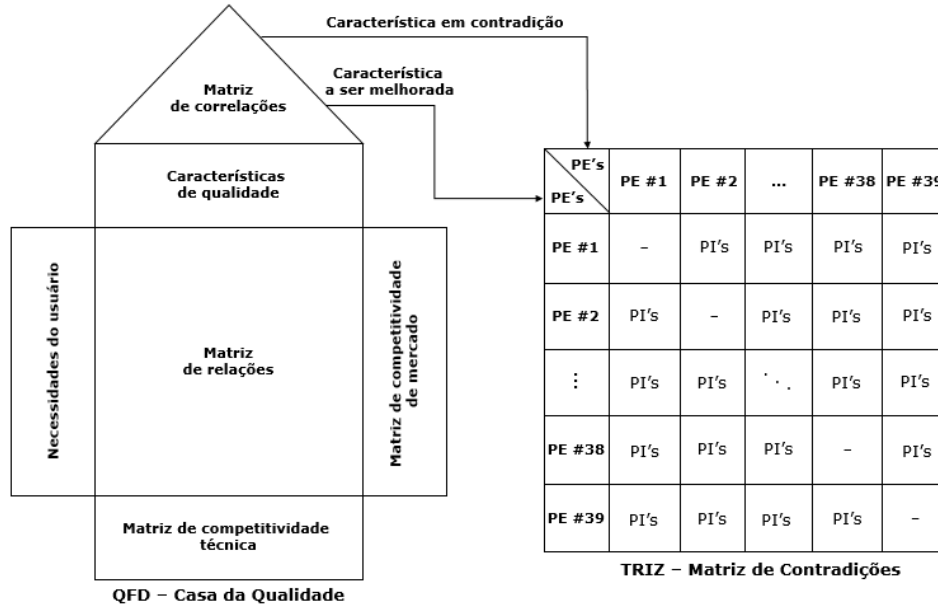
3.6.2 Métodos de ponderação dos dados

A fase da espiral de concepção da metodologia Projet8-TA (Figura 8) é composta por quatro etapas. Inicialmente, para definição dos requisitos de projeto, as informações provenientes do procedimento proposto no presente trabalho foram convertidas em requisitos do usuário, e estes expandidos em características técnicas. A ferramenta de desdobramento da função da qualidade (*Quality Function Deployment* – QFD) foi aplicada conforme a estrutura da Casa da Qualidade esquematizada na Figura 9, para analisar as expectativas do usuário e traçar uma correspondência ao ponto de vista da engenharia (LAI; TAN; XIE, 2007).

Inicialmente, com auxílio de uma matriz de ponderação para comparação aos pares, foi atribuída uma nota de importância a cada requisito do usuário, do ponto de vista da engenharia. Profissionais de saúde também foram apresentados à lista de requisitos e solicitados a organizá-los por prioridades. As importâncias de cada requisito para o grupo intermediário de usuários foram obtidas a partir das entrevistas (roteiro no Apêndice C). As médias entre as relevâncias atribuídas pelos três grupos (usuários, engenheiros e profissionais da saúde) foram calculadas para compor uma classificação geral, de forma a possibilitar a categorização dos requisitos em pouco importantes (nota 1), importantes (nota 3) ou muito importantes (nota 9). Para facilitar

a priorização, estabeleceu-se que cada grupo poderia atribuir, no máximo, três notas 9. O peso relativo foi calculado dividindo-se cada peso absoluto pela soma total.

Figura 9 – Integração QFD – TRIZ



Fonte: adaptado de Santos et al. (2019).

Os requisitos do usuário foram traduzidos pela equipe de projeto em características técnicas mensuráveis, de forma a proporcionar a correspondência entre os diferentes domínios do conhecimento. Em seguida, foram descritas possíveis melhorias para cada característica técnica.

Após a definição apropriada dos requisitos do usuário, de suas importâncias e das características técnicas correspondentes, as relações entre os requisitos do usuário e as características técnicas foram mapeadas e classificadas como não-existent, fracas, moderadas ou fortes, de forma a compor a matriz de relações do QFD. Para cada associação detectada, foi atribuído um valor numérico (1, 3 ou 9), seguindo a mesma lógica de designação dos níveis de importância. Em seguida, a matriz de competitividade técnica foi traçada, referente à atribuição de pesos às características técnicas, calculados pelo modelo de Wasserman (1993), conforme a Equação 2:

$$I_j = \sum_{i=1}^n w_i C_{ij}, \quad (2)$$

sendo I_j a importância da característica técnica j , w_i o peso dado ao requisito do usuário i e C_{ij} a relação entre o requisito do usuário i e a característica técnica j . A

matriz QFD, portanto, é uma ferramenta essencial em termos de projeto de produto e inovação (RIANMORA; WERAWATGANON, 2021), permitindo a identificação dos aspectos mais importantes a serem considerados e priorizados.

O passo seguinte na elaboração do QFD foi a construção da matriz de correlações, também chamada de “telhado” da Casa da Qualidade. Tal região é essencialmente uma matriz de comparação aos pares, em que, para cada par de características técnicas, verifica-se a ocorrência de uma relação, assim como se ela é positiva (quando os dois parâmetros podem ser aprimorados em conjunto) ou negativa (quando a melhoria de um parâmetro não é possível sem o detrimento do outro). Dessa forma, foi possível antecipar contradições técnicas e trabalhá-las com balanço de idealidade e prejuízo de soluções.

Visando maior objetividade na busca por soluções, foi estabelecido um critério de criticidade para as contradições, calculado a partir da soma dos pesos relativos das características técnicas correspondentes. Dentre os pares de contradições identificados, os três com maior grau de criticidade (maior soma de importâncias) foram selecionados para serem tratados por meio da Teoria da Resolução Inventiva de Problemas (*Theory of Inventive Problem Solving – TRIZ*).

As contradições técnicas definidas estabelecem problemas específicos a serem solucionados pelo projeto. O primeiro passo para solucionar tais conflitos por meio da aplicação da TRIZ é a abstração, o que corresponde à tradução desses casos individuais em problemas mais genéricos, com auxílio da utilização de parâmetros de engenharia (PEs) tabelados. Dessa forma, para cada característica técnica de cada contradição, o PE mais relacionável foi escolhido a partir das 39 opções consolidadas na literatura (GADD, 2011). Uma vez que as principais contradições técnicas foram detectadas e tornadas mais genéricas, a aplicação da TRIZ sugere que princípios inventivos (PIs) sejam propostos para auxiliar a geração de soluções gerais para os problemas. A lista completa dos 40 princípios inventivos da TRIZ e suas definições pode ser consultada em Romeiro et al. (2013).

3.6.3 Geração dos conceitos

Após a integração QFD e TRIZ, a fase de geração dos conceitos teve início com a criação de um Quadro Morfológico. Para tanto, foram listados os diferentes subsistemas que compõem o equipamento, responsáveis pelas diversas subfunções

desempenhadas. Potenciais soluções foram listadas para cada função, com base em seções de debate, experiências prévias, associações com alternativas já existentes e os princípios inventivos provenientes da TRIZ. Por fim, conceitos foram gerados, combinando as soluções julgadas mais apropriadas.

Os modelos virtuais pertinentes foram criados com auxílio do software CAD (*Computer-Aided Design*) de modelagem paramétrica *SolidWorks*®. Como previamente mencionado, o projeto conceitual foi apresentado aos usuários participantes e discutido em grupo para obtenção de opiniões e realização de eventuais ajustes necessários.

3.7 DIMENSIONAMENTO

Conforme brevemente revisado na seção 2.5.2, há lacunas em termos da criação de uma base de dados unificada contendo medições antropométricas de usuários de cadeiras de rodas. Considerando a disponibilidade de informações referentes às grandezas de interesse para o projeto, os trabalhos de Goswami et al. (1987), Jarosz (1996), Das e Kozey (1999), Paquet e Feathers (2004) e Adnan e Dawal (2019) foram utilizados para guiar o dimensionamento da cadeira de banho quanto ao aspecto da antropometria. Para cada dimensão de interesse, a média e o desvio-padrão combinados (μ_c e σ_c) foram calculados entre os estudos que as mensuraram, segundo a Equação 3 e a Equação 4, respectivamente:

$$\mu_c = \frac{n_1\mu_1 + n_2\mu_2}{n_1 + n_2} \quad (3)$$

$$\sigma_c = \sqrt{\frac{(n_1 - 1)\sigma_1^2 + (n_2 - 1)\sigma_2^2 + \frac{n_1n_2}{n_1 + n_2}(\mu_1 - \mu_2)^2}{n_1 + n_2 - 1}}, \quad (4)$$

sendo n_i o tamanho da amostra, σ_i o desvio-padrão e μ_i a média, reportados pelo estudo i . Esse processo foi conduzido aos pares, combinando-se dados de dois trabalhos por vez, até que as cinco pesquisas mencionadas fossem consideradas. É importante destacar que nem todos os estudos consultados mensuraram a totalidade das variáveis consideradas.

Além do respeito às recomendações de ergonomia (MONDELO et al., 2004; OPENSHAW; TAYLOR, 2006), o dimensionamento da cadeira de banho também levou em consideração as medidas referentes ao espaço físico, como largura das

portas e altura e largura do vaso sanitário. Para tal, foi realizado um levantamento dos principais modelos de louças sanitárias comercializados no Brasil, incluindo produtos das marcas Deca, Celite, Incepa, Fiori, Lorenzetti, Prizi, Icasa e Roca. Para cada variável de interesse, foram calculados o 5º percentil (P_5), o 95º percentil (P_{95}), a média e o desvio-padrão. As normas NBR 16727-1 e NBR 9050, relativas a bacias sanitárias e acessibilidade, respectivamente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2019, 2021), foram consultadas para: I) comparação com as medidas de soluções comerciais; II) verificação das dimensões referenciais para cadeiras de rodas manuais; e III) obtenção de valores mínimos recomendados para diâmetro de empunhadura. Cálculos analíticos referentes a componentes mecânicos também foram realizados e serão descritos em maiores detalhes em seções subsequentes.

3.8 FABRICAÇÃO DO PROTÓTIPO

Após a geração dos conceitos para a cadeira de banho, a apresentação do modelo virtual aos usuários e a realização dos ajustes necessários, deu-se início à fabricação de um protótipo físico em escala reduzida da solução. Embora não fosse destinada à real utilização pelo público-alvo durante execução da atividade do banho, esperava-se que tal variante mais tangível exercesse a função de validar os mecanismos projetados, apontando eventuais demandas por modificações técnicas. Além disso, a experiência de interagir com e manusear uma versão do produto final, ainda que mais simples e de tamanho reduzido, tem o potencial de levantar tópicos para melhorias que não haviam sido previamente identificados mediante apenas visualização do modelo virtual.

Considerando fatores como maneabilidade do protótipo, facilidade de manufatura e disponibilidade comercial de partes padronizadas, optou-se pela adoção de uma escala 1:2, de forma que as dimensões adotadas para o modelo virtual foram reduzidas pela metade ao longo das três direções (x , y e z). Materiais e técnicas de manufatura de baixo custo foram adotados, com destaque para o corte a laser e a manufatura aditiva, selecionados a depender sobretudo da geometria da peça a ser fabricada e da forma pela qual ela seria aderida às demais partes da cadeira.

Para adequação aos processos de fabricação utilizados, os componentes da cadeira foram ligeiramente adaptados. Partindo do modelo virtual originalmente desenvolvido no software *SolidWorks*®, foi aplicada a cada parte uma escala de 0,5

em relação ao seu centroide, conforme critério previamente estabelecido. As peças destinadas à fabricação por impressão 3D foram salvas em formato STL e importadas para o software *Simplify3D*[®] para fatiamento. Utilizou-se a impressora Sethi3D, baseada na tecnologia FDM (*Fused Deposition Modeling*) e caracterizada por um volume de trabalho de 220mm × 210mm × 200mm. A velocidade de impressão foi configurada para 2400mm/min, a espessura de camada empregada foi de 0,15mm, e o ângulo de varredura selecionado foi de 45°. Preenchimentos de 50% foram adotados para a maioria dos componentes, com exceção do parafuso de potência e sua respectiva porca, para os quais foram utilizados preenchimentos de 100% e 80%, respectivamente. O material polimérico ABS (acrilonitrila butadieno estireno) foi selecionado para compor as partes do protótipo fabricadas por manufatura aditiva por extrusão de material, uma vez que proporciona melhor acabamento superficial em relação aos demais filamentos comercialmente disponíveis. Além disso, é possível unir duas peças fabricadas em ABS através da aplicação de dimetil-cetona ao longo da região de sobreposição, de forma que, ao pressionar as partes entre si, a evaporação da acetona permite a fusão das superfícies de contato (SARAF et al., 2020). Tal propriedade serviu como base para a estratégia de fabricação das partes caracterizadas por perfis tubulares, que foram seccionadas por planos contendo os eixos dos cilindros correspondentes. Portanto, cada peça cilíndrica foi dividida em duas, fabricadas separadamente e unidas com acetona. A remoção de rebarbas e suportes nas peças foi realizada com auxílio de uma lixa e um estilete.

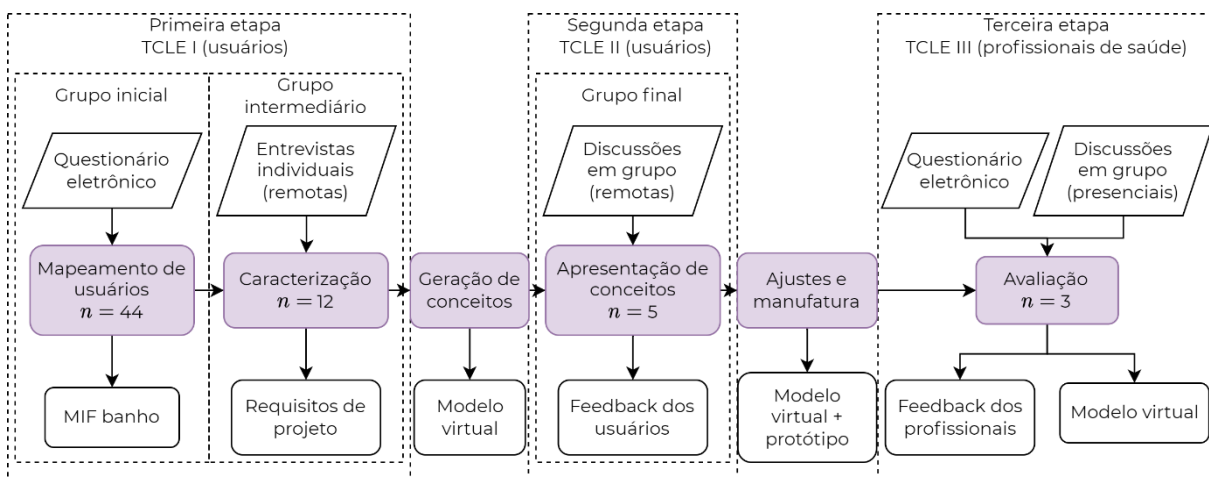
Com relação aos componentes produzidos por corte a laser, modificações adicionais se fizeram necessárias. Em decorrência da natureza bidimensional desse processo de fabricação, cada parte precisou ser dividida em faces planas. As vistas ortográficas principais foram salvas em formato DXF e importadas para o software *CorelDRAW*[®]. Saliências dentadas foram adicionadas a cada face, para promover melhor encaixe entre as mesmas. Chapas de MDF (*Medium-Density Fiberboard*) com 3mm de espessura foram utilizadas na máquina de corte e gravação a laser modelo ChinaCNCZone SL-320, com 40W de potência e área de corte 300mm × 200mm. O equipamento foi configurado para operar a 40% de sua capacidade, com uma velocidade de corte de 10mm/s. Após fabricadas, as faces de um mesmo componente foram unidas com auxílio de um agente adesivo à base de PVA (acetato de polivinila), específico para aplicações em madeira. O assento e o encosto do protótipo da cadeira de banho também foram produzidos por corte a laser, mas com EPS (poliestireno

expandido) como material constituinte. Uma placa de isopor com 10mm de espessura foi utilizada na mesma máquina, operando a 8% de sua capacidade e a uma velocidade de 20mm/s para evitar queima do material. Os perfis correspondentes foram aderidos aos respectivos suportes de MDF com auxílio de um agente adesivo de silicone. Por fim, uma folha em EVA (acetato de vinila) preto com 2mm de espessura foi utilizada para revestir as superfícies do isopor. Pinos-guia e parafusos foram adquiridos comercialmente.

3.9 AVALIAÇÃO POR PROFISSIONAIS DA SAÚDE

A nova versão do modelo virtual (com as sugestões dos usuários implementadas e as falhas técnicas corrigidas) e o protótipo fabricado com base no conceito atualizado foram apresentados a um grupo de três profissionais de saúde, sendo dois fisioterapeutas e uma terapeuta ocupacional. Uma nova versão do TCLE (Apêndice E) foi enviada para esses indivíduos, e a participação só foi efetivada mediante assinatura do mesmo. A Figura 10 resume os diferentes tipos de participação de indivíduos voluntários presentes neste trabalho.

Figura 10 – Níveis de participação dos voluntários ao longo da pesquisa



Fonte: elaborado pela autora.

Similarmente à discussão conduzida com o grupo final de usuários participantes, buscou-se expor e obter retorno sobre cada um dos componentes e funcionalidades idealizados. Essa interação foi realizada de forma presencial e conjunta, no Laboratório de Análise Funcional e Ajudas Técnicas (LAFATec), do Departamento de Terapia Ocupacional (DTO) da Universidade Federal de São Carlos

(UFSCar). Além da reunião de equipe, um questionário eletrônico foi desenvolvido e enviado para os profissionais de saúde participantes, objetivando uma análise individual e mais aprofundada acerca de aspectos referentes ao protótipo em si e ao conceito desenvolvido, conforme disposto no Apêndice F. As perguntas elaboradas buscaram investigar os principais benefícios e preocupações percebidos, assim como a correspondência entre os requisitos levantados e as soluções propostas. Além disso, dez itens foram dispostos em uma escala de 1 a 5 para avaliação quantitativa da eficácia da solução idealizada e da satisfação dos profissionais de saúde com a mesma. Conforme demonstrado por Choi e Sprigle (2011), a obtenção de uma pontuação total envolvendo itens representativos dos dois construtos mencionados proporciona um bom indicativo da usabilidade de um dispositivo assistivo.

3.10 ANÁLISE ESTRUTURAL POR ELEMENTOS FINITOS

O Método dos Elementos Finitos (MEF) é um procedimento numérico de resolução de problemas de engenharia, que permite prever o comportamento de um componente sob determinadas condições de contorno e carregamento (RAO, 2017). Tal abordagem é baseada em modelar um sistema, inicialmente complexo, como uma malha de pequenos elementos conectados por meio de nós, de forma a garantir a transmissão coerente dos esforços resultantes, que variam conforme a aplicação, podendo ser tensões, deformações, temperaturas, velocidades, entre outros (RAO, 2017). Dessa forma, conduzir simulações computacionais através de softwares comerciais de Elementos Finitos contribui para a previsão de problemas estruturais, validando o projeto previamente à sua manufatura (MARQUES et al., 2021).

Neste trabalho, foram realizadas análises estruturais estáticas dos apoios para os braços e dos apoios para os pés da cadeira de banho. Por meio do software *SolidWorks*[®], as montagens correspondentes contendo os componentes de interesse para cada um dos cenários mencionados foram isoladas do modelo virtual completo, de forma a reduzir os custos computacionais das análises numéricas. Os respectivos arquivos foram exportados em formato STEP e enviados para a interface do software *ANSYS*[®] *Workbench*[™], utilizado em todas as simulações.

Um procedimento sistemático para a seleção dos materiais mais apropriados para a cadeira de banho foi proposto e implementado. Essa etapa foi realizada em parceria com um projeto de iniciação científica conduzido por um estudante de

graduação em Engenharia de Materiais da EESC/USP sob orientação da Profa. Dra. Zilda de Castro Silveira. O processo de escolha foi baseado em aspectos referentes a custo, densidade, resistência à corrosão, resistência mecânica e conforto, seguindo o método de Ashby e o método do custo por unidade de propriedade (FARAG, 2020).

Os materiais previamente selecionados foram associados aos seus respectivos componentes, e comportamentos linear-elásticos foram inicialmente assumidos em todos os casos. No entanto, nas situações em que foi observada a ocorrência de singularidades de tensões, comportamentos não-lineares foram considerados para os materiais dos componentes correspondentes, de forma a redistribuir as tensões localmente (BI, 2018). O modelo de plasticidade bilinear de endurecimento isotrópico foi adotado em tais cenários.

Para a geração das malhas, o algoritmo *patch conforming* foi adotado, com elementos tetraédricos. Refinamentos locais foram empregados nas proximidades dos contatos entre peças e ao longo de mudanças geométricas bruscas. Estudos de convergência foram conduzidos para que fosse alcançado o melhor compromisso entre exatidão da solução e custo computacional. Para tal, cada componente de cada montagem teve sua malha refinada, aumentando-se o número de elementos de forma individual e verificando-se as alterações geradas na tensão equivalente de von Mises. Uma variação menor ou igual a 1% entre duas iterações consecutivas foi considerada como critério de parada no estudo. Em todas as configurações de malha, a razão de aspecto e a razão Jacobiana foram mantidas abaixo de 5 e de 10, respectivamente, para pelo menos 90% dos elementos.

Como condições de contorno, juntas de revolução foram adicionadas aos componentes escamoteáveis da cadeira. Contatos do tipo *bonded* e do tipo *frictional* foram utilizados entre as peças. Todos os graus de liberdade foram fixos nas superfícies dos apoios que entrariam em contato com a cadeira. Os cenários de carregamento foram adotados de acordo com o previsto pela norma NBR ISO 7176-8, que especifica requisitos e métodos de ensaio para forças estáticas, de impacto e de fadiga em cadeiras de rodas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2018). Segundo o documento, os apoios de braço e de pé devem resistir às forças descendentes determinadas pelas Equações 5 e 6, respectivamente:

$$F_1 = \frac{M_d \times S \times g}{2 \times \cos 15^\circ} \quad (5)$$

$$F_2 = M_d \times g, \quad (6)$$

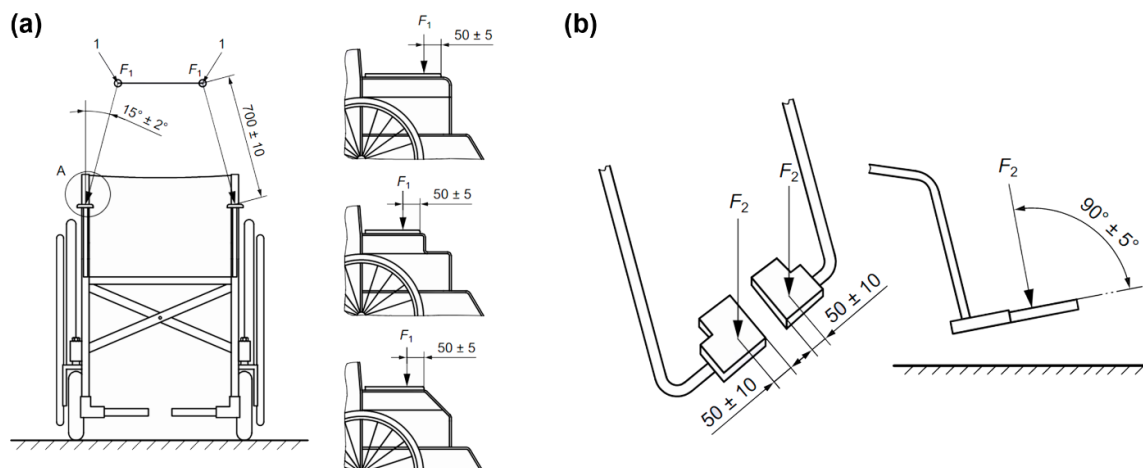
em que M_d é a massa máxima do ocupante em kg, S é o fator de segurança (cujo valor recomendado pela norma é de 1,5) e g é a aceleração da gravidade. A norma também especifica que o valor máximo a ser utilizado para M_d deve ser de 125 kg, mesmo para usuários cuja massa extrapole esse valor. Portanto, forças com os seguintes módulos foram adotadas nas simulações, para o cenário mais crítico:

$$F_1 = \frac{125 \times 1,5 \times 9,807}{2 \times \cos 15^\circ} \approx 952 \text{ N}$$

$$F_2 = 125 \times 9,807 \approx 1226 \text{ N}$$

Os pontos de atuação dos carregamentos nos apoios podem ser observados na Figura 11. A aceleração da gravidade foi também considerada em todos os cenários.

Figura 11 – Pontos de aplicação das forças descendentes nos apoios



É possível observar os carregamentos para (a) os apoios de braço e para (b) os apoios de pé. Fonte: adaptado de ABNT (2018).

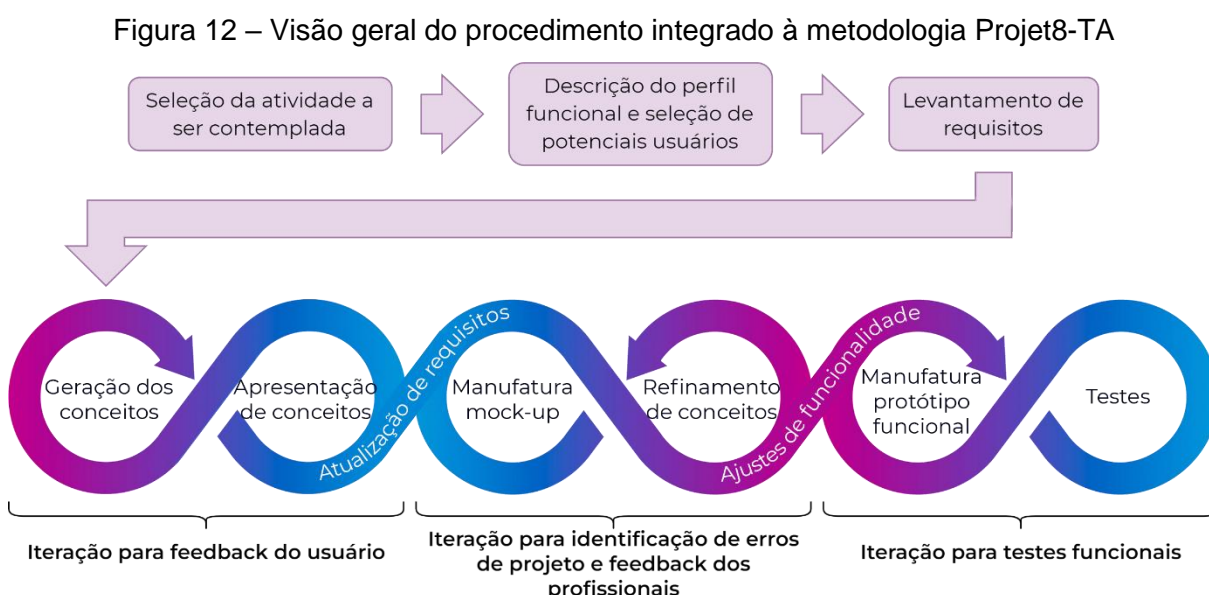
As tensões equivalentes de von Mises previstas pelas simulações foram comparadas com as tensões de escoamento dos materiais correspondentes. Nas situações em que a falha foi constatada, as geometrias dos componentes críticos foram iterativamente alteradas, até que se alcançasse um coeficiente de segurança satisfatório.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no decorrer deste trabalho são apresentados e discutidos nas subseções a seguir.

4.1 O PROCEDIMENTO PROPOSTO

O procedimento proposto foi desenvolvido para integração à metodologia Projet8-TA, voltada para customização. O foco, portanto, foi direcionado às principais lacunas da metodologia no que se refere à descrição das etapas e ferramentas implementadas nos estágios iniciais e de avaliação do projeto. Uma visão geral do procedimento pode ser observada na Figura 12. As etapas iterativas caracterizam-se por estágios alternados de espiral de concepção e avaliação e refinamento, terminologias derivadas da metodologia Projet8-TA. Para fins de discussão, o detalhamento do procedimento será explorado ao longo dos fluxogramas apresentados da Figura 13 à Figura 18, nos quais é possível observar entradas, saídas, processos e tomadas de decisão.

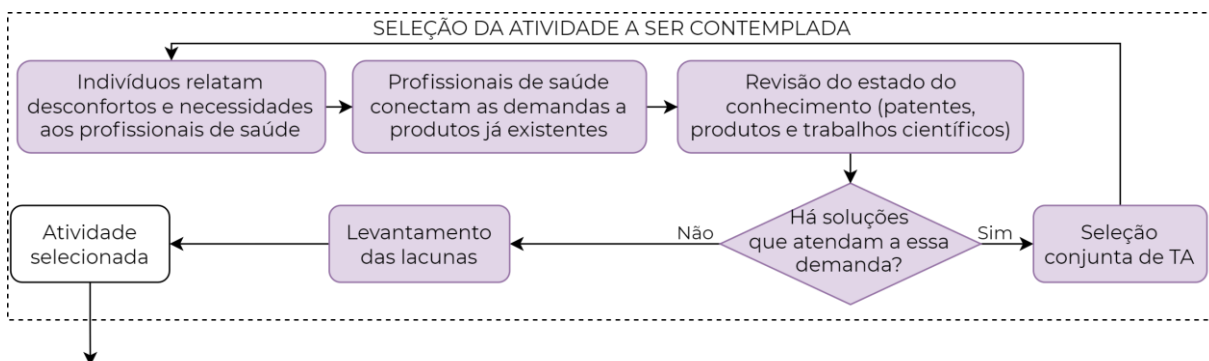


Fonte: elaborado pela autora.

Segundo a nova abordagem, o passo inicial para o desenvolvimento de um dispositivo assistivo é a seleção da atividade à qual ele será destinado, a partir de uma demanda inicialmente identificada pelo profissional de saúde ou trazida diretamente por um possível usuário da tecnologia. Tal atividade pode ser descrita de

forma a abranger pelo menos uma das categorias de TA previamente mencionadas (vide Figura 1). No entanto, é importante destacar que o procedimento aqui apresentado, embora possa ser adaptado para diferentes cenários de produtos customizados, foi direcionado para as categorias de auxílios para vida diária e auxílios de mobilidade. Com base nos relatos observados na prática clínica e em conhecimentos prévios de mercado, o terapeuta verifica se a necessidade do indivíduo pode ser sanada por algum produto já existente e aplicável a seu contexto socioeconômico (Figura 13). De forma mais direcionada, a equipe de projeto revisa o estado do conhecimento para levantamento das principais lacunas na área. Caso oportunidades de melhoria tenham sido identificadas, a atividade em questão é selecionada para guiar o projeto; do contrário, a tecnologia apropriada é selecionada e indicada ou prescrita. Iniciar o projeto de um dispositivo assistivo a partir da seleção da atividade pode evitar o surgimento de soluções pré-concebidas ou impulsionadas pela tecnologia, favorecendo a inovação e o foco nas preferências do indivíduo.

Figura 13 – Fluxograma detalhando as etapas para seleção da atividade

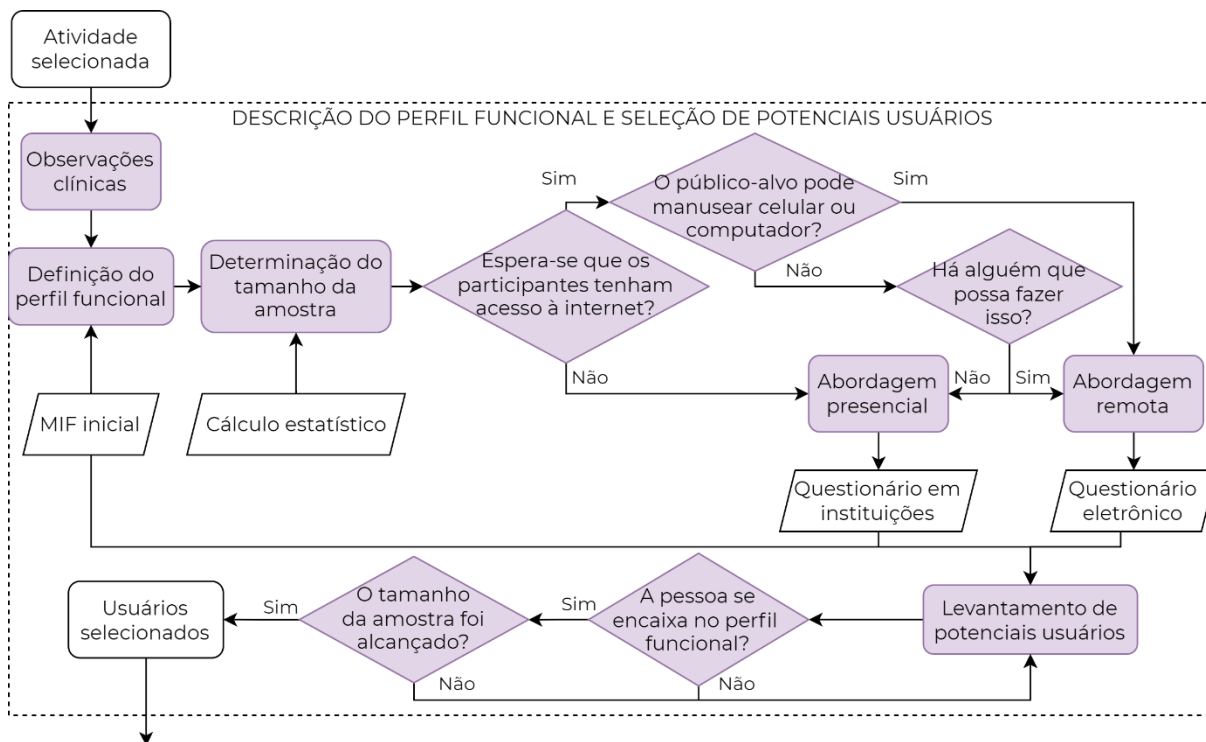


Fonte: elaborado pela autora.

Subsequentemente, é detalhado o perfil funcional que poderá se beneficiar da utilização de tal dispositivo (Figura 14), o que é importante para elucidar o objetivo da TA. Essa caracterização é baseada na avaliação prévia, por parte do profissional de saúde, da criticidade referente à não-utilização do produto. São realizadas observações clínicas relativas a nível funcional, rede de apoio, condições do ambiente, acesso à informação e possibilidades de adaptações caseiras. Nessa etapa, podem ser aplicados instrumentos padronizados para auxiliar na definição e identificação do perfil. A Escala de Medida de Independência Funcional (MIF), por exemplo, avalia o desempenho funcional em diversos aspectos da vida diária, como autocuidado, controle de esfíncter, transferências, locomoção, comunicação e

cognição social, de forma que abrange a maioria das categorias de TA, classificando o nível de funcionalidade do indivíduo em uma escala de 1 (assistência total) a 7 (independência completa) (RIBERTO et al., 2001).

Figura 14 – Passos envolvidos na descrição e seleção de usuários participantes



Fonte: elaborado pela autora.

A aplicação da MIF é normalmente feita seguindo um caráter observacional, em que o profissional de saúde analisa como o indivíduo executa a atividade em questão e atribui uma categoria a partir de suas próprias conclusões, ou através de perguntas que permitem a classificação apropriada. O presente trabalho propõe uma adaptação na forma de se perguntar e de se obter informações da MIF, trazendo uma contribuição para uma aplicação remota do instrumento, para avaliação de funcionalidade pelo próprio usuário. Assim, caso os participantes tenham acesso à internet e possam manusear dispositivos eletrônicos, o item “Questionário eletrônico”, que atua como entrada para o levantamento de usuários no fluxograma da Figura 14, se refere a essa classificação na MIF, devendo ser elaborado pela equipe de projeto de acordo com a necessidade para atender à atividade em questão. Do contrário, caso a abordagem presencial seja seguida, a aplicação comumente adotada da MIF em meio clínico pode ser conduzida. Embora existam alguns estudos voltados à obtenção de pontuações da MIF sob a visão do próprio indivíduo (GREY; KENNEDY, 1993;

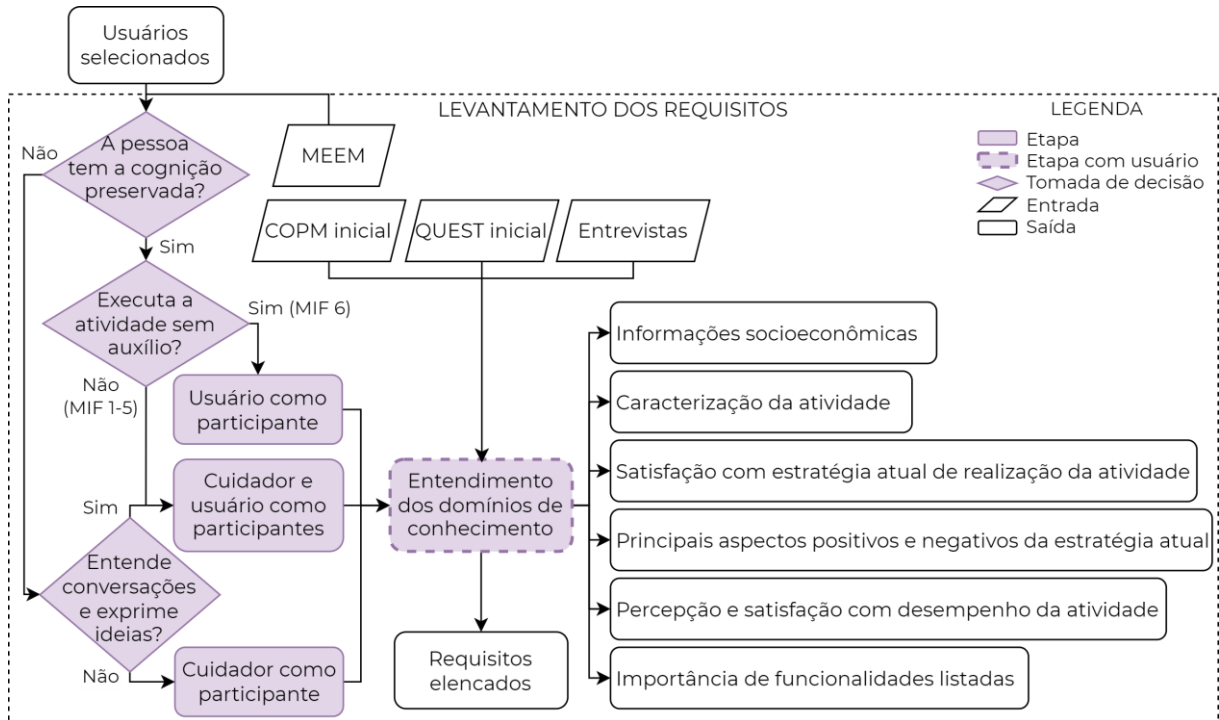
JENSEN; ABRESCH; CARTER, 2005; MASEDO et al., 2005; VADASSERY et al., 2019), tais adaptações do instrumento usualmente consistem apenas de itens em que a pessoa avalia sua independência funcional diretamente conforme a escala, com instruções mínimas para preenchimento. O potencial dessas ferramentas de autoclassificação já foi demonstrado, sobretudo em termos de reprodutibilidade e exatidão para avaliação de aspectos motores (MASEDO et al., 2005). No entanto, a correspondência com a avaliação profissional ainda é baixa para atividades como alimentação, higiene pessoal, banho e vestuário de membros inferiores (VADASSERY et al., 2019). Neste trabalho, propõe-se que o questionário voltado à aplicação da MIF não necessariamente envolva a classificação direta pelo usuário, mas contenha perguntas que direcionem a equipe de projeto e a auxiliem a identificar se o indivíduo sendo avaliado corresponde ao perfil funcional desejado, conforme exemplo disposto no Apêndice B.

Os projetos de Tecnologia Assistiva são usualmente voltados a condições de saúde específicas, como lesão medular, paralisia cerebral ou distrofia muscular. Um enfoque na funcionalidade, ao invés de no diagnóstico, permite que pessoas com diferentes tipos de restrição ou deficiência tenham suas necessidades contempladas pelo projeto, caso haja identificação com o perfil funcional envolvido. Além disso, um mesmo contexto clínico pode ocasionar diferentes níveis de funcionalidade, a depender da gravidade da condição, de serviços de reabilitação e de aspectos motores, cognitivos, emocionais, psicossociais e culturais, de forma que definir o público-alvo com base na capacidade funcional pode contribuir para uma menor variabilidade na priorização de requisitos e para maior objetividade e clareza acerca de em quais casos o dispositivo projetado é benéfico ou não.

Uma vez que o grupo de usuários, de tamanho estatisticamente determinado, tenha sido selecionado, a cognição é um aspecto importante a ser avaliado, pois pode indicar se seria mais adequado envolver ativamente ao longo do projeto o próprio usuário final ou alguém próximo, como familiar ou cuidador (Figura 15). Dessa forma, caso o indivíduo não esteja cognitivamente apto a responder completamente os questionários ou colaborar em entrevistas, um responsável pode ser convidado para participar do projeto em conjunto com ele. Nesse sentido, o Miniexame do Estado Mental (MEEM), ou Mini-Mental, é um exemplo de instrumento de rápida aplicação que pode ser utilizado, por ser padronizado e amplamente indicado para identificar declínios na função cognitiva, avaliando orientação, memória, atenção e linguagem

(FOLSTEIN; FOLSTEIN; MCHUGH, 1975). Além disso, caso o público-alvo envolva indivíduos que necessitem do auxílio de outrem para executar a atividade em questão (MIF entre 1 e 5), é enriquecedor para o projeto que os responsáveis pela assistência também sejam incluídos como participantes ativos. Em seguida, tem início a etapa de entendimento dos domínios do conhecimento.

Figura 15 – Detalhamento da fase de levantamento de requisitos



Fonte: elaborado pela autora.

Conforme listado nas saídas do fluxograma da Figura 15, o objetivo desse estágio é compreender os participantes com relação aos seguintes aspectos:

- Contexto socioeconômico. Obtendo uma visão geral acerca de fatores como quantas pessoas moram com o usuário, qual a renda familiar mensal e quem presta auxílio durante a atividade, pode ser possível traçar um perfil de utilização do dispositivo e da faixa de custo que seria economicamente acessível ao público.
- Caracterização da atividade. Os dados a serem coletados nesse tópico variam conforme a atividade que será analisada, mas, de maneira geral, algumas informações interessantes incluem: I) necessidade, quantificação e qualificação (se física, verbal, gestual ou visual) da assistência prestada; II) estrutura do espaço físico destinado à atividade; III) o recurso utilizado, a frequência de realização da

atividade e as etapas envolvidas na mesma; e IV), o grau de esforço percebido pelo próprio usuário e pelo cuidador.

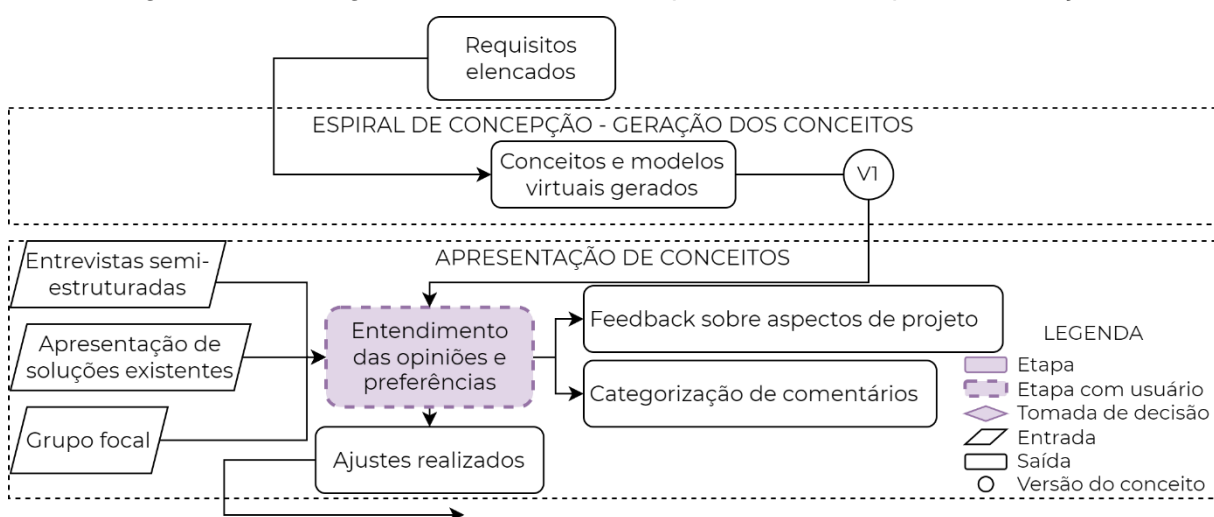
- Satisfação com dispositivo assistivo atual para realização da atividade. O instrumento QUEST 2.0 (*Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology*) pode ser aplicado nesse caso, proporcionando identificação dos níveis de satisfação/insatisfação com a tecnologia utilizada e uma base para comparação com o recurso a ser desenvolvido. Ele consiste na avaliação de doze itens segundo uma escala de satisfação de 1 a 5, sendo oito referentes a recurso (dimensões, peso, facilidade de ajuste, estabilidade e segurança, durabilidade, facilidade de uso, conforto e eficácia) e os demais a serviços (CARVALHO; GOIS JÚNIOR; SÁ, 2014).
- Principais aspectos positivos e negativos da estratégia atual. A partir de uma pergunta aberta acerca de melhores e piores fatores, pode ser possível levantar algum tópico que não havia sido previamente abordado pelo QUEST.
- Importância, percepção e satisfação com desempenho da atividade. Ao contrário dos dois itens anteriores, este é mais um aspecto referente ao indivíduo do que ao recurso, à forma como a atividade está sendo executada e a quão desejável é uma melhoria de desempenho. Nesse caso, o instrumento COPM (*Canadian Occupational Performance Measure*) pode ser aplicado. Ele foi elaborado a partir de uma prática centrada no usuário e permite que este atribua uma pontuação de 1 a 10 para a importância da atividade em questão, o seu desempenho durante a mesma e a sua satisfação com esse desempenho (LAW et al., 2009). É interessante analisar os três aspectos, para justificar a demanda e identificar se o indivíduo demonstra motivação para aprimorar seu desempenho.
- Importância de funcionalidades. Sugere-se que seja criada uma lista de funcionalidades e acessórios a partir das buscas realizadas na literatura, para que os usuários possam julgar a importância de cada item de acordo com uma escala pré-estabelecida. Caso haja dúvida dos participantes sobre o significado de algum aspecto, podem ser apresentados recursos visuais representativos, como imagens, vídeos, desenhos técnicos, entre outros. Esse tópico proporciona uma base para a priorização de características técnicas no projeto.

A obtenção das informações listadas e a aplicação dos instrumentos mencionados devem ser realizadas inicialmente a partir de uma entrevista, de roteiro também elaborado pela equipe de projeto, e, caso haja necessidade de alguma complementação ou esclarecimento, é sugerido que seja marcada uma segunda

conversa. Conduzir essa etapa de maneira individualizada é importante para que cada participante se sinta à vontade para definir suas prioridades, receios e opiniões livremente antes do contato com os demais do grupo. Nas situações em que tanto cuidadores quanto usuários são participantes ativos do projeto, é interessante também que um não esteja presente enquanto o outro é entrevistado. Ao término desse estágio, tem-se os requisitos de projeto, organizados por ordem de importância.

Conforme previamente introduzido pelo fluxograma geral da Figura 12, o presente trabalho propõe uma sequência de três iterações de espiral de concepção e avaliação e refinamento. A primeira delas – voltada à obtenção de retorno dos usuários participantes, encontra-se detalhada na Figura 16. Com base na lista de requisitos levantada, os conceitos e modelos virtuais pertinentes são gerados de acordo com o descrito pela metodologia Projet8-TA.

Figura 16 – Fluxograma detalhando as etapas referentes à primeira iteração



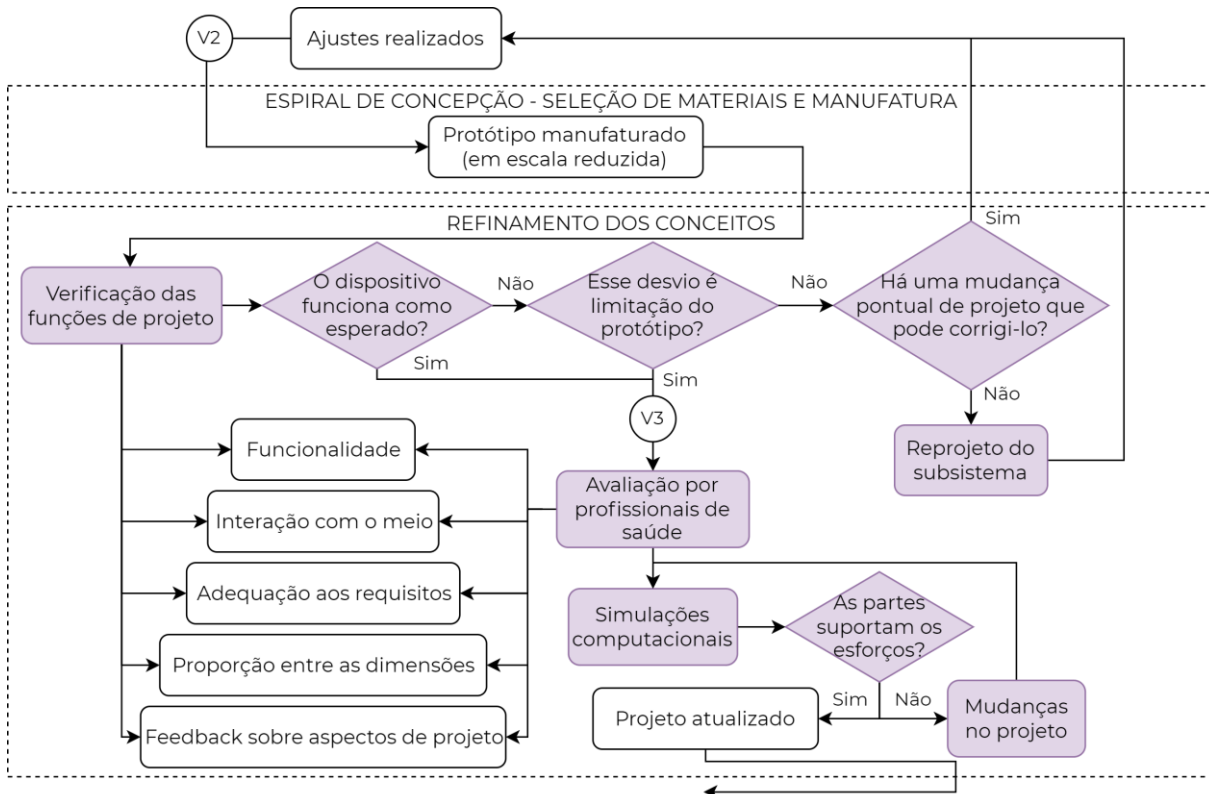
Fonte: elaborado pela autora.

A primeira versão para as possíveis soluções (V1) pode ser apresentada aos participantes, em interações em conjunto. Conforme detalhado na Figura 16, entrevistas semiestruturadas e um grupo focal podem ser conduzidos nessa etapa, através de abordagens qualitativas sistemáticas, de forma que a contextualização prévia facilita a elaboração dos roteiros pertinentes e o direcionamento por parte do mediador. Soluções já existentes também podem ser apresentadas por meio de vídeos, fotos, desenhos técnicos ou ilustrações, de forma a tornar mais visual a explicação acerca de algum recurso específico e a contornar eventuais barreiras linguísticas. Enquanto a etapa anterior era mais voltada à estratégia atual de

realização da atividade e a possíveis melhorias desejáveis, esse estágio é focado na obtenção de retorno acerca de pontos específicos (como estética, posicionamento de alavancas, formas de ajustes, etc.) e no eventual levantamento de novos aspectos e requisitos que não haviam sido previamente considerados. Além disso, a interação com os demais participantes coloca em perspectiva as necessidades individuais, de forma a priorizar o que for melhor para o todo. Uma análise temática pode ser conduzida para categorização de comentários e identificação de tendências.

A partir das informações coletadas, pode-se elencar ajustes a serem implementados aos conceitos, que servem de base para o início da segunda iteração, detalhada na Figura 17.

Figura 17 – Passos relativos à segunda iteração de concepção e refinamento



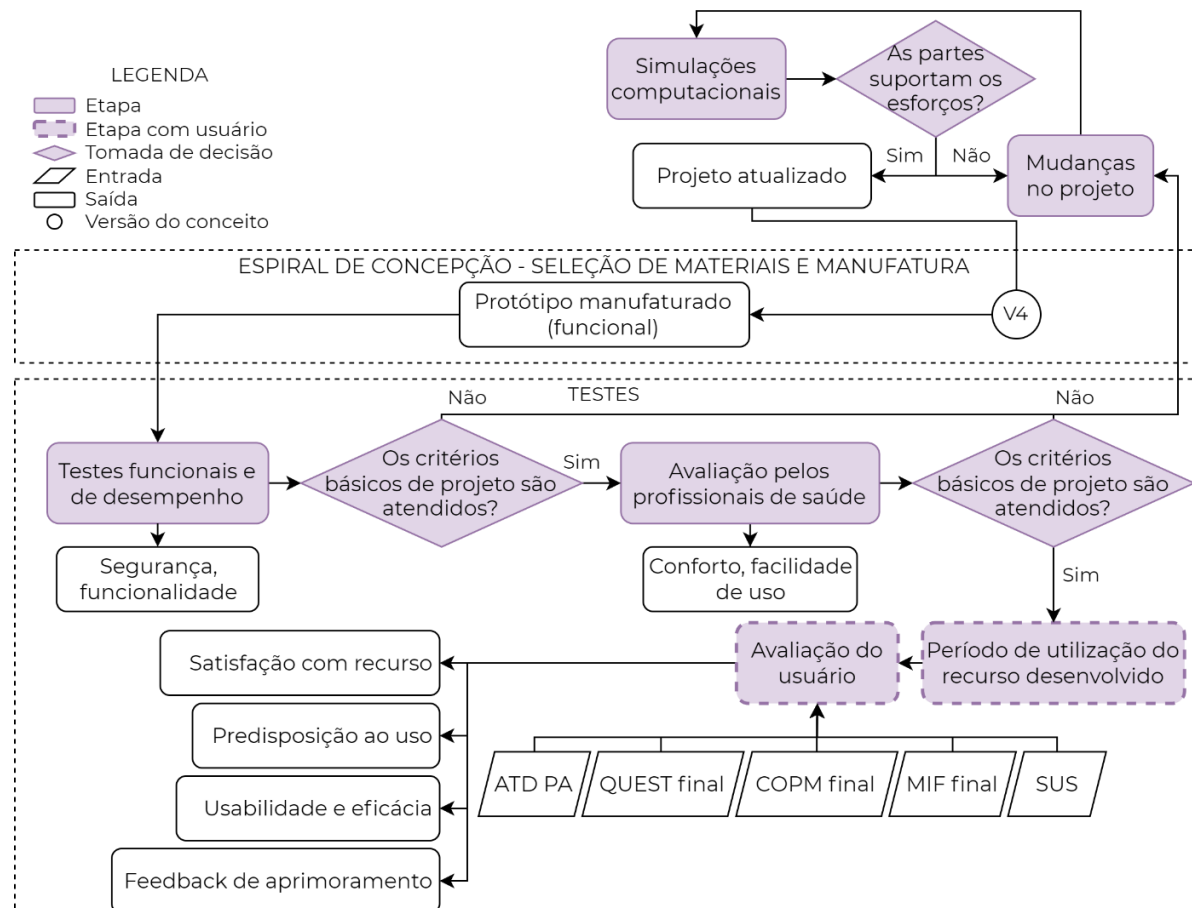
Fonte: elaborado pela autora.

Sugere-se que o conceito refinado com as opiniões dos usuários participantes (V2) seja fabricado sob a forma de um protótipo simplificado em escala reduzida. Dessa forma, a equipe de projeto pode verificar se as funções estabelecidas estão sendo atendidas, considerando as limitações inerentes aos materiais e processos de fabricação adotados para a manufatura do protótipo. Caso o desempenho esteja abaixo do esperado, é possível realizar diversas repetições do ciclo projetar – testar –

aprender, até que os componentes e subsistemas atinjam uma configuração ótima. Assim, tem-se uma terceira versão dos conceitos (V3), com a implementação de opiniões preliminares do grupo de usuários e de ajustes técnicos, que pode ser apresentada a profissionais de saúde para o levantamento de subsídios para o aprimoramento da solução. A condução de simulações computacionais permite prever o comportamento do sistema sob determinadas condições de contorno e carregamento. Dessa forma, é possível detectar, previamente à manufatura, se algum componente é suscetível a falha e, se for o caso, modificar o projeto com ações corretivas para proporcionar maior segurança.

Após essas avaliações de diferentes domínios – usuários, equipe de projeto e profissionais – tem-se uma quarta versão do conceito (V4), que dá início à terceira iteração proposta, conforme ilustrado na Figura 18. Nesse estágio, pode-se fabricar o protótipo funcional da solução, em escala real e com materiais de alta fidelidade. Embora a condução de tal fase esteja fora do escopo do presente trabalho, as etapas sugeridas serão também detalhadas.

Figura 18 – Fluxograma referente à última iteração



Fonte: elaborado pela autora.

Inicialmente, a equipe de projeto deve realizar os testes pertinentes de funcionalidade e desempenho, objetivando verificar se os critérios básicos relativos à segurança são atendidos. Em seguida, os profissionais de saúde também devem testar o protótipo, simulando os movimentos básicos executados durante a atividade em questão. Por fim, caso o equipamento seja avaliado como propício à utilização pelo usuário, deve-se definir o período ao longo do qual o dispositivo desenvolvido será incorporado à rotina do usuário participante. Esse intervalo deve considerar um tempo inicial de treinamento para uso da nova tecnologia e deve envolver demonstração de uso, simulação e acompanhamento por parte da equipe de projeto. Atendimentos presenciais de Terapia Ocupacional devem ser realizados no início, no meio e no final desse período, além de contatos telefônicos ou atendimentos remotos, conforme necessidade, para acompanhamento à distância.

Na etapa de avaliação do dispositivo desenvolvido sob a perspectiva do projeto participativo, os instrumentos QUEST, COPM e MIF podem ser novamente aplicados, de forma que os resultados obtidos podem ser comparados com os valores iniciais, para verificar se houve alguma mudança em termos de satisfação com o recurso, desempenho/satisfação com a atividade e nível de funcionalidade, respectivamente. No entanto, é importante destacar que, caso o público-alvo já seja originalmente caracterizado por independência modificada (MIF 6), não será possível detectar aprimoramentos em funcionalidade através da aplicação da MIF. Portanto, outros instrumentos se fazem necessários, a fim de verificar, por exemplo, se o dispositivo assistivo interfere na qualidade de execução da atividade, no tempo para realização ou na segurança, podendo variar de acordo com a atividade sendo investigada. Tao et al. (2020) revisaram as ferramentas de avaliação para Tecnologia Assistiva, registrando principalmente as categorias associadas e os construtos avaliados. Os autores identificaram o desempenho funcional como um dos objetos de estudo mais recorrentes, sendo avaliado tanto por instrumentos de uso geral quanto por aqueles voltados a atividades e populações específicas (TAO et al., 2020). Nesse sentido, o tempo para realização da atividade, o número de tentativas necessárias para execução e o grau de esforço percebido pelo usuário são algumas variáveis que podem ser mensuradas e indicativas do nível de funcionalidade. Tal avaliação deve ser conduzida de forma presencial, sob supervisão de um profissional de saúde.

Os instrumentos padronizados ATD PA (*Assistive Technology Device Predisposition Assessment*) e SUS (*System Usability Scale*) também podem ser

aplicados nessa etapa. O ATD PA é dividido em três formulários, sendo o do dispositivo o mais adequado para a situação em questão, uma vez que consiste de doze afirmativas, relacionadas por exemplo a confiança, adequabilidade à rotina e correspondência com objetivos, para as quais o usuário deve atribuir uma pontuação na escala de 1 a 5 (ALVES, 2018). Caso aplicado nessa etapa de avaliação do protótipo funcional, sugere-se que a versão de acompanhamento (*follow-up*) do referido formulário seja utilizada. O SUS também permite categorização de afirmativas conforme a mesma escala, mas todos os itens referem-se à usabilidade do dispositivo. Similarmente ao entendimento dos domínios de conhecimento, a aplicação conjunta dos instrumentos mencionados pode ser feita mediante formulário elaborado pela equipe de projeto ou entrevista. Os retornos obtidos servem de entrada para o aprimoramento do dispositivo, de forma que os requisitos de projeto são atualizados e a espiral de concepção é conduzida novamente.

A maioria dos procedimentos voltados ao projeto participativo de Tecnologia Assistiva é aplicada a dispositivos pequenos de auxílio à vida diária (GARCÍA et al., 2021; GHERARDINI et al., 2018; OSTUZZI et al., 2015; SCHWARTZ et al., 2019), órteses (PYATT; SINCLAIR; BIBB, 2019) e próteses (MANERO et al., 2019), categorias em que a manufatura aditiva e materiais de baixo custo podem ser facilmente empregados para prototipagem. Além de explorar equipamentos mais robustos, o fluxograma proposto pelo presente trabalho é um dos primeiros a prever uma abordagem remota (à exceção do período de testes) e coletiva, uma vez que com frequência apenas um usuário participa do projeto e a interação se dá de maneira presencial (AFLATOONY; LEE, 2020; CHAVARRIAGA et al., 2014; COTON et al., 2014; DE COUVREUR; GOOSSENS, 2011), o que pode ser inconveniente para pessoas com dificuldades de locomoção. Outro ponto de contribuição relevante é a definição clara das variáveis e informações de interesse em cada etapa, das ferramentas e instrumentos a serem aplicados, sejam padronizados ou de elaboração própria, e da forma como a coleta de dados junto ao usuário pode ser integrada a métodos da engenharia.

4.2 O ESTADO DO CONHECIMENTO EM CADEIRAS DE BANHO

Como implementação do procedimento descrito na seção anterior para a atividade do banho, o primeiro passo é o levantamento das lacunas nos dispositivos

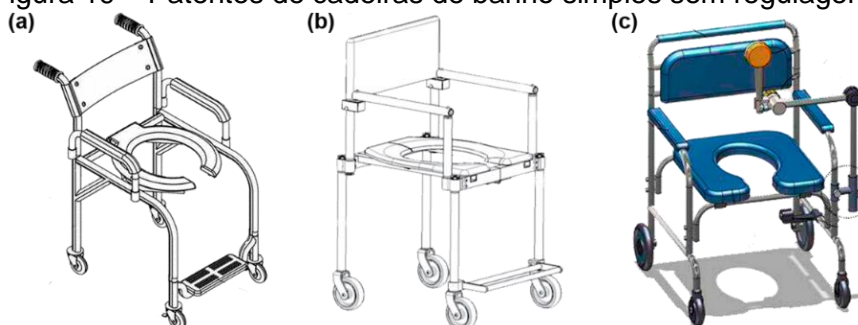
atuais. Esta seção apresenta as principais descobertas e avanços técnico-científicos encontrados acerca de cadeiras de banho móveis, visando sobretudo a categorização das soluções existentes, a identificação de oportunidades de melhoria e o estabelecimento de uma base de recursos para apresentação aos usuários participantes, de forma a facilitar a comunicação e a compreensão dos aspectos positivos e negativos sob o ponto de vista do público-alvo.

4.2.1 O estado da técnica

A partir das buscas realizadas por patentes e produtos comerciais, foi possível identificar algumas semelhanças entre os diferentes modelos relevantes disponíveis. Dessa forma, este trabalho sugere a categorização das soluções para cadeiras de banho móveis em três grandes grupos: simples sem regulagens, com autopropulsão e com sistema de basculação, que serão explorados em maiores detalhes a seguir.

Os modelos simples sem regulagens são os mais comumente encontrados. De maneira geral, são usualmente caracterizados por uma estrutura tubular de alumínio ou aço, assento elíptico e vazado de poliuretano não almofadado, similar aos assentos sanitários, e quatro rodas pequenas com travas, mas podem variar em termos da presença de apoios para os braços e para os pés. A Figura 19 apresenta as principais soluções patenteadas que se encaixam nessa categoria.

Figura 19 – Patentes de cadeiras de banho simples sem regulagens



As ilustrações são referentes aos documentos (a) BR 202015008122-2 U2, (b) BR 202018017126-2 U2 e (c) KR101908213B1. Fonte: elaborado pela autora, a partir de Moreira (2017), Natal (2020) e Lee (2018), respectivamente.

O documento BR 202015008122-2 U2, publicado em 2017, procurou solucionar a lacuna referente à portabilidade das cadeiras disponíveis até então, idealizando uma configuração desmontável e dotada de manoplas, como esquematizado na Figura 19a

(MOREIRA, 2017). De maneira similar, o registro BR 202018017126-2 U2 (Figura 19b) foi direcionado à expansão dessa ideia, propondo uma solução com maior grau de compactação e menor peso, que pode ser transportada em bolsas (NATAL, 2020). Já a patente KR101908213B1 (Figura 19c) apresenta um modelo com ducha acoplada, que pode ser colocada em diferentes posições, de forma a possibilitar maior conforto ao cuidador (LEE, 2018).

Os produtos comerciais referentes a essa categoria podem ser adquiridos por valores que variam entre US\$ 39,00¹ para estruturas totalmente fixas até US\$ 86,00 para cadeiras dobráveis, com valores intermediários para os casos dos apoios escamoteáveis. Apesar da maior facilidade de uso associada a esses modelos, normalmente há restrições em termos de conforto, de durabilidade e da carga máxima suportada, mantida na faixa entre 90 kg e 100 kg. As exceções mais comuns são os modelos D50 e D60 comercializados pela empresa Dellamed, projetados para cargas de até 150 kg, mas que são vendidos por valores que extrapolam a faixa anterior, chegando a US\$ 133,00.

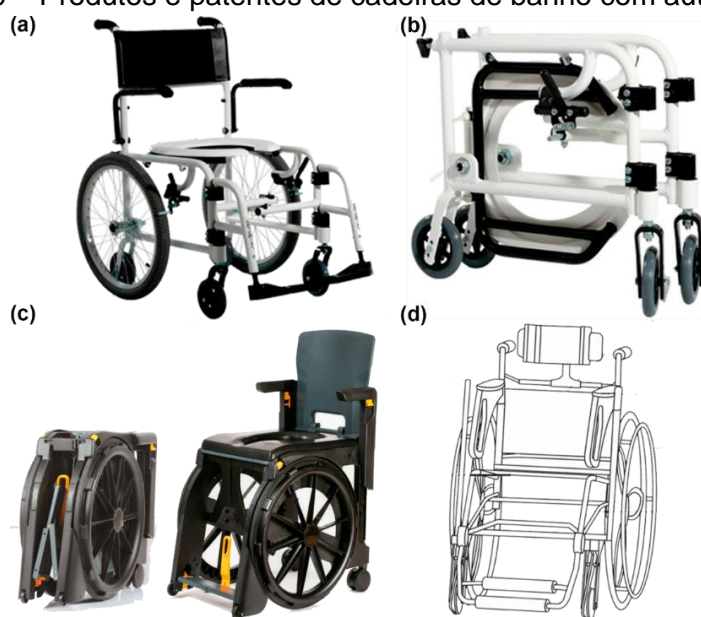
A segunda categoria, referente às configurações com autopropulsão, foi idealizada para proporcionar maior autonomia ao usuário, permitindo que o movimento ocorra sem o impulsionamento de terceiros. Embora as características gerais sejam análogas às da categoria anterior, a presença de rodas traseiras grandes é um fator que garante maior mobilidade no ambiente do banho e que pode reduzir a dependência do usuário em relação ao cuidador, sobretudo para indivíduos com maior capacidade funcional. Essa constatação, aliada ao fato de que a massa total da estrutura é consideravelmente superior, atingindo a faixa entre 10,5 kg e 15 kg, justifica a escolha de consideração de tais modelos como uma categoria à parte no presente trabalho. Essa classe de produtos é comercializada a valores bem mais elevados, variando entre US\$ 185,00 e US\$ 400,00. É interessante destacar que, embora aparentemente mais robustas e estáveis, as cadeiras com autopropulsão suportam a mesma faixa de carga máxima que as cadeiras simples sem regulagens. No Brasil, os fabricantes Ortomix, Ortobras e Jaguaribe dispõem de modelos que se encaixam nessa classe, um dos quais encontra-se representado na Figura 20a. Alguns casos apresentam seis rodas, sendo quatro pequenas, similarmente à

¹ Todos os valores apresentados ao longo deste documento foram obtidos a partir de revendedores autorizados dos fabricantes no Brasil, com consultas realizadas em agosto de 2021 e conversão para dólar baseada nas cotações do mesmo mês, sendo 1,00 USD = 5,24 BRL.

categoria anterior, e duas grandes removíveis na parte traseira, de forma a facilitar a passagem por regiões mais estreitas e a desmontagem (Figura 20b). Os pneus das rodas grandes podem ser infláveis, com maior aderência e menor probabilidade de deslizamento em pisos molhados, ou maciços, que normalmente apresentam maior durabilidade, uma vez que não furam nem esvaziam. Também pode haver variações em termos dos apoios para os braços e para os pés, escamoteáveis ou não.

Um modelo que difere um pouco dos mais comumente encontrados na categoria é o WheelAble, da empresa israelense Seatara (Figura 20c). Comercializada sob a descrição de uma cadeira para viagens, ela se destaca por ser provavelmente a mais compacta do mercado, podendo ser acompanhada de uma maleta para armazenamento e transporte como acessório. Sua estrutura é majoritariamente composta por plástico, limitando o uso de materiais metálicos a fechos e rolamentos. Outro aspecto interessante é o assento, que apresenta um formato mais anatômico, em “S”, potencialmente promovendo melhor distribuição de pressões. No entanto, as rodas traseiras desse modelo são posicionadas um pouco mais à frente em comparação a produtos similares, o que pode prejudicar a propulsão. Como é uma cadeira importada, comercializada no Brasil com exclusividade por uma empresa, seu custo extrapola a faixa da categoria, chegando a aproximadamente US\$ 3800,00.

Figura 20 – Produtos e patentes de cadeiras de banho com autopropulsão



As imagens são referentes ao modelo Standard Plus, da marca Ortomix, em suas configurações (a) para uso e (b) dobrada sem as rodas traseiras grandes, (c) ao modelo WheelAble, da marca Seatara, e (d) à patente BR 202014002916-3 U2. Fonte: elaborado pela autora, a partir dos catálogos das empresas Ortomix [<https://ortomix.com.br/>] e Seatara [<https://seatara.com/>] e de Curimbaba, Junior e Ferreira (2015), respectivamente.

Com relação a patentes, o documento BR 202014002916-3 U2 apresenta uma cadeira de banho com autopropulsão, ilustrada na Figura 20d. Os principais diferenciais dessa solução em relação às demais da categoria são: I) a utilização de espuma de polietileno expandido de alta densidade, tipo casca de ovo, no assento e no encosto, ao invés dos convencionais revestimentos de material sintético; II) a adoção de um mecanismo de trava que envolve a porção anterior das rodas dianteiras, de forma a reduzir a incidência de tombos frontais em comparação às tradicionais travas na região posterior das rodas; e III) a presença de um apoio tipo concha para o posicionamento da cabeça, com ajustes de altura, lateral e de profundidade (CURIMBABA; JUNIOR; FERREIRA, 2015).

Por fim, a categoria com sistema de basculação, ou *tilt*, abrange os modelos que apresentam o recurso de inclinação do sistema encosto-assento para trás, usualmente até 45°. Essa funcionalidade é indicada principalmente nos casos em que há instabilidade postural ou ausência do controle do tronco e/ou da cabeça, facilitando a manutenção de postura e possibilitando melhor distribuição de pressão entre o corpo do usuário e a superfície de contato do equipamento. Facilita, portanto, a execução da atividade tanto por parte do cuidador quanto para o próprio usuário, evitando o agachamento e/ou inclinação do tronco para alcançar regiões mais baixas. Como está relacionada a mudanças de angulação, essa classe de soluções também é caracterizada pela presença de apoio de cabeça, como mostrado na Figura 21a, normalmente com regulagem de profundidade e altura, de forma a garantir a manutenção postural do usuário para as diferentes posições adotadas. Além disso, algumas configurações dessa categoria dispõem de sistema de reclinção, que varia a angulação do encosto independentemente do assento. Os valores de aquisição comumente encontrados no mercado nacional permanecem na faixa entre US\$ 425,00 e US\$ 774,00.

O modelo HTS (Figura 21b), da empresa estadunidense Rifton, apresenta também uma leve inclinação para a frente, de forma a favorecer as transferências de e para a cadeira de banho. Além disso, a cadeira em questão é dotada de outros recursos interessantes, como a regulagem de profundidade do assento e a possibilidade de adição de acessórios, mas, embora possa ser encontrada junto a revendedores nacionais, ela não é fabricada no Brasil, de forma que os custos de importação elevam o valor de aquisição para cerca de US\$ 4560,00. Uma outra possibilidade de variação na categoria é o ajuste de altura, como explorado pela

patente BR 202017021357-4 U2 (Figura 21c), direcionada ao problema da diferença de altura entre o leito hospitalar e a cadeira, o que dificulta as transferências entre as duas superfícies. A solução proposta faz uso de um mecanismo de quatro barras associado a um pistão para realizar a basculação e a elevação de maneira conjunta.

Figura 21 – Principais soluções referentes a cadeiras de banho com *tilt*



É possível observar as representações dos modelos (a) H3 da Ortobras e (b) HTS da Rifton, assim como (c) a patente BR 202017021357-4 U2 com variação conjunta de inclinação e altura e (d) o mecanismo de *tilt* adotado no modelo MC4000 da NuprodX e registrado sob a patente US 2011/0258771 A1. Fonte: elaborado pela autora, a partir de Ortobras (2017), Rifton (2018), Magalhães (2019) e Hammer e Gaskell (2011), respectivamente.

A maioria dos sistemas de basculação observados funciona com auxílio de um pistão, acionado através de pedais ou alavancas presentes na manopla, de forma que a rotação do conjunto é pivotada, ocorrendo em relação a um ponto fixo. No entanto, à medida em que a inclinação é realizada, o centro de gravidade é deslocado, o que gera torque em relação ao centro de rotação e conseqüente instabilidade no sistema. Essa situação é mais crítica quando faixas mais amplas de inclinação estão

envolvidas, requerendo bases de apoio maiores para evitar quedas, o que acaba por comprometer a manobrabilidade da cadeira. Buscando solucionar esse problema, a empresa estadunidense Nuprodx patenteou um mecanismo de pinhão-cremalheira acionado por manivela. Como mostrado na Figura 21d, o sistema desenvolvido é dotado de trilhos sobre os quais a cadeira se move com um raio tal que o ponto de ancoragem é próximo ao centro de massa do indivíduo.

Analisando as soluções apresentadas, é possível observar que grande parte das patentes são do Brasil, tendo sido encontradas na base de dados do INPI. Embora as bases internacionais tenham fornecido um elevado número de resultados para as palavras-chave adotadas, provenientes principalmente dos Estados Unidos, a maioria dos documentos era voltada a cadeiras fixas (sem rodas) ou adaptações para uso em banheiras, situações que não estão sendo consideradas na presente análise. Tal constatação pode ser um indicativo das diferenças culturais na atividade do banho e da demanda nacional na área, sobretudo por produtos mais acessíveis. Como limitações gerais, é possível destacar a rigidez dos assentos, o escasso apoio postural proporcionado pelos encostos, a utilização de bases maiores para os modelos com basculação, o que por vezes pode não ser compatível com o ambiente fisicamente restrito do banheiro, e o fato de que as alavancas, botões e demais reguladores ficam posicionados fora do alcance do usuário, de modo que os ajustes precisam ser realizados por terceiros.

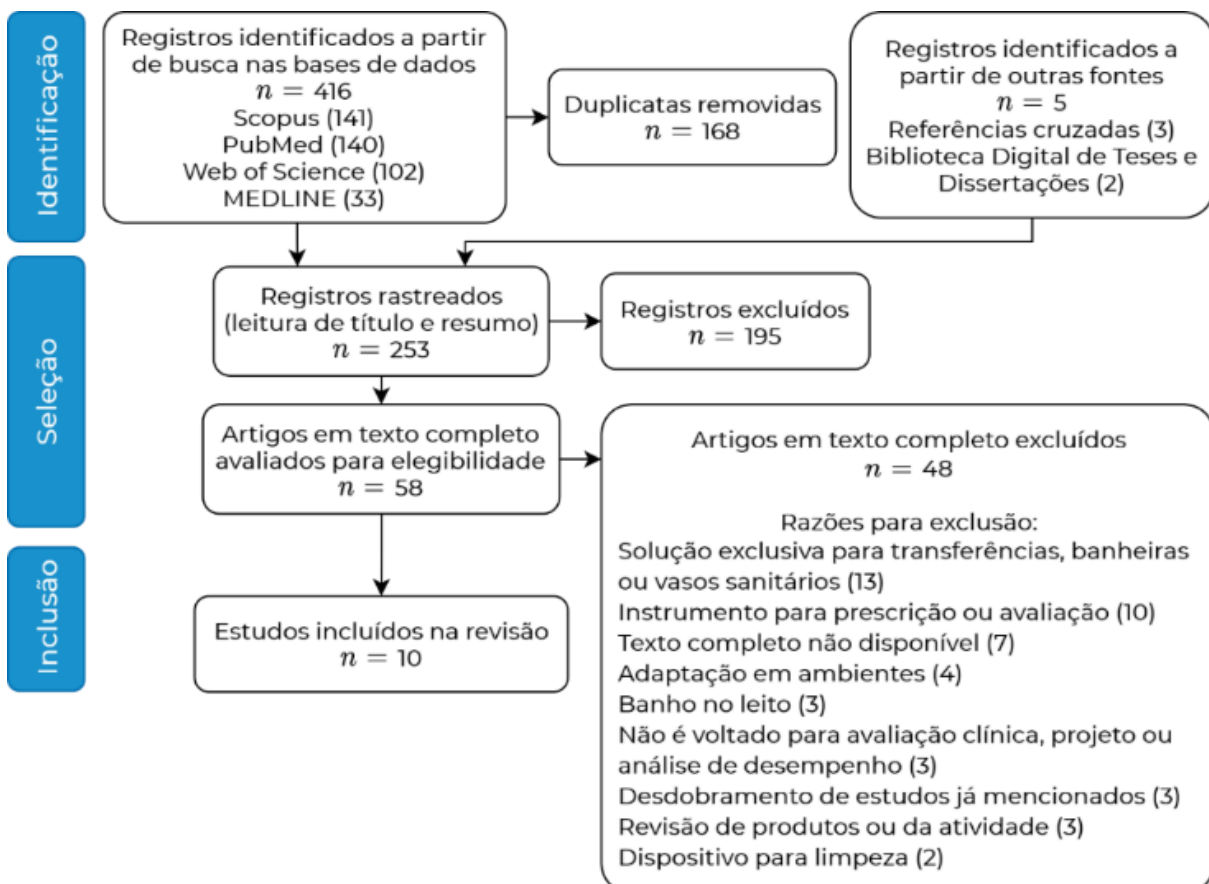
4.2.2 O estado da arte

Utilizando a estratégia de busca descrita na seção 3.3, 253 registros foram identificados pelas consultas em abril de 2021. Após rastreio dos títulos e resumos, um total de 58 trabalhos foram avaliados para elegibilidade por meio da leitura de texto completo. Desses, 48 artigos foram excluídos devido às razões detalhadas na Figura 22. Os dez estudos restantes foram considerados na revisão.

Conforme previamente detalhado, optou-se pela utilização de termos relacionados a “banho” nas buscas, ao invés de “cadeira de banho”. Tal abordagem buscou contornar a variabilidade de terminologias já detectada por Friesen, Theodoros e Russell (2016a), mas ocasionou o retorno de diversos estudos não relacionados ao equipamento assistivo de interesse e voltados, por exemplo, ao desenvolvimento de dispositivos para auxiliar a lavagem dos cabelos (WU; MA; CHANG, 2009). Além

disso, também podem ser encontrados relatos voltados à incidência de quedas (CHEN et al., 2020), às dificuldades enfrentadas durante execução da atividade (KING; HOLLIDAY; ANDREWS, 2018), à relação entre o uso de dispositivos assistivos e a independência em transferências (DE-ROSENDE-CELEIRO et al., 2019) e à contabilização de pessoas com necessidades não atendidas (VLACHANTONI, 2019). Embora sejam de extrema relevância para o campo, tais investigações científicas não atendem ao objetivo delimitado para a presente revisão e, portanto, não foram consideradas na análise. Por outro lado, a estratégia de busca adotada também proporcionou o aparecimento de estudos que não teriam sido retornados em uma busca por cadeiras de banho (BÄCCMAN; BERGKVIST; KRISTENSSON, 2020; ZLATINTSI et al., 2020). Apesar de ambos serem voltados a aplicações robóticas, que não são o foco do presente trabalho, apresentam aspectos interessantes de serem analisados, sobretudo em termos de avaliação clínica e de desempenho, e, portanto, foram incluídos na revisão. Um resumo descritivo dos estudos revisados encontra-se apresentado na Tabela 4.

Figura 22 – Diagrama esquemático PRISMA de seleção dos artigos para revisão



Fonte: elaborado pela autora.

Tabela 4 – Visão geral dos trabalhos incluídos na revisão

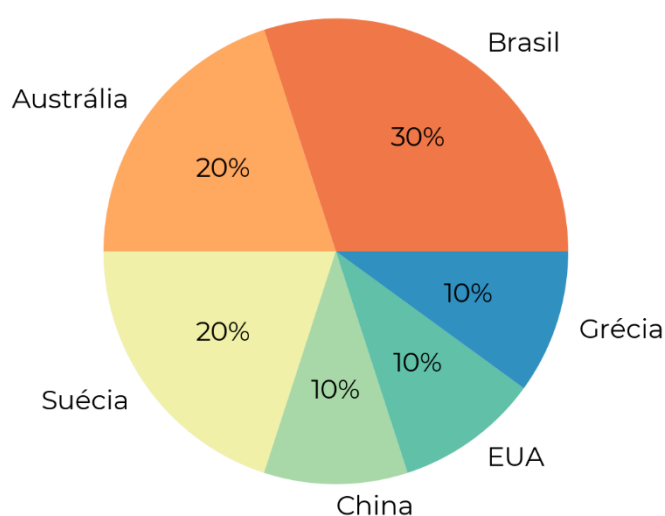
Referência	Descrição	Resultados e/ou recomendações
Malassigné et al. (2000)	Participantes: Não reportado. Objetivo: Desenvolvimento de duas cadeiras de banho, sendo uma com autopropulsão. Instrumentos: Questionários, discussões e grupos focais para <i>feedback</i> .	<ol style="list-style-type: none"> 1. Requisitos de projeto: segurança, assento à prova d'água, estabilidade a 20°, mecanismo para levantamento dos pés, posicionamento sobre vaso sanitário e durabilidade. 2. Identificação da demanda por um modelo dobrável.
Comélio e Alexandre (2005)	Participantes: 21 trabalhadores de enfermagem e 21 usuários. Objetivo: Avaliação ergonômica de uma cadeira de banho de um hospital universitário. Instrumentos: Relatos de problemas e escalas de esforço percebido, conforto e segurança.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Identificação de problemas em todos os acessórios avaliados. Alto nível de esforço para manipulação da cadeira e níveis razoáveis de conforto e segurança. 2. Recomendações: diferentes opções de tamanhos para adequação aos biotipos, ajustes de altura e apoio para os pés, rodas antiderrapantes e com travas, encosto que apoie toda a região dorsal, descanso para braços removível e acolchoado e assento com orifício anatômico.
Dutra (2008)	Participantes: 58 cuidadores. Objetivo: Desenvolvimento de uma cadeira de banho para crianças com paralisia cerebral. Instrumentos: Formulário, Árvore Funcional, medições antropométricas e análise crítica qualitativa.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Requisitos de projeto: ajuste de altura do equipamento e do apoio de cabeça, regulagem de inclinação, variação de profundidade do assento, cintos de segurança ajustáveis e removíveis e facilidade de transporte, operação e condução.
Friesen, Theodoros e Russell (2015)	Participantes: 7 usuários com lesão medular e 8 prescritores clínicos especialistas. Objetivo: Explorar uso das cadeiras e compreender a identificação e seleção de recursos. Instrumentos: Entrevistas semiestruturadas.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nove atividades envolvidas no uso de cadeiras de banho. 2. Principais requisitos: acesso sob o assento, projeto e durabilidade do assento, apoios para braços móveis não removíveis, autopropulsão, portabilidade e adequação ao espaço físico.
Curimbaba (2016)	Participantes: 20 usuários e 50 profissionais e familiares. Objetivo: Avaliação do modelo de cadeira de banho mais popular em ambiente hospitalar e doméstico da região de Bauru/SP. Instrumentos: Questionários, entrevistas abertas e medições antropométricas.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Há disparidades significativas entre as dimensões das cadeiras e as medidas dos usuários. 2. Maiores insatisfações com encostos, rodas e rodízios. Profissionais e familiares reportaram alto nível de desconforto, sobretudo nas pernas e ao longo da coluna vertebral. 3. Diretrizes: materiais mais leves, revestimentos mais confortáveis, apoio de cabeça, regulagens, travas mais resistentes e preço adequado à realidade econômica.

Referência	Descrição	Resultados e/ou recomendações
Friesen, Theodoros e Russell (2017)	<p>Participantes: 32 usuários com lesão medular.</p> <p>Objetivo: Avaliação da usabilidade de cadeiras de banho do ponto de vista de usuários.</p> <p>Instrumentos: Questionário eMAST (desenvolvido pelos autores).</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. A usabilidade geral foi classificada como alta/muito alta. 2. Portabilidade, estabilidade, posicionamento, amortecimento do assento e apoios para as pernas foram categorizados com usabilidade muito baixa/baixa. 3. A funcionalidade de inclinação do conjunto assento-encosto (<i>tilt</i>) não foi aplicável para a maioria dos usuários participantes.
Yang et al. (2017)	<p>Participantes: Não reportado.</p> <p>Objetivo: Desenvolvimento de uma cadeira de banho elétrica.</p> <p>Instrumentos: Observação de rotinas e coleta de <i>feedback</i>, verificação das funcionalidades e teste de carga.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. O protótipo mostrou-se capaz de atender aos requisitos de projeto (levantamento do usuário). 2. Carregamentos até 100kg foram suportados.
Lindström e Sjöberg (2019)	<p>Participantes: 10 indivíduos.</p> <p>Objetivo: Gerar o conceito de uma cadeira de banho para idosos que caminham sozinhos.</p> <p>Instrumentos: Entrevistas, observações, pesquisa de mercado, análise hierárquica de função e tarefas e questionários.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Os requisitos levantados foram: estabilidade, conforto, possibilidade de alcançar objetos, apelo estético e adaptabilidade conforme o ambiente de uso (doméstico ou hospitalar). 2. De maneira geral, a cadeira foi considerada de fácil uso e segura. A opção de rotação do assento não foi intuitiva a princípio.
Bäcman, Bergkvist e Kristensson (2020)	<p>Participantes: 7 idosos e 7 cuidadores.</p> <p>Objetivo: Explorar e entender as expectativas e experiências com um chuveiro robótico comercial.</p> <p>Instrumentos: Entrevistas de caráter qualitativo antes a instalação da unidade e após quatro ou cinco meses de uso.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. No geral, a experiência foi positiva para os idosos, contribuindo para maior liberdade, empoderamento e independência no banho. 2. Não excluiu a necessidade de assistência, principalmente em etapas como despir-se e realizar transferências. 3. As opiniões dos cuidadores foram ambivalentes, com relutância em atender às mudanças organizacionais necessárias à implementação.
Zlatintsi et al. (2020)	<p>Participantes: 50 indivíduos.</p> <p>Objetivo: Desenvolver um sistema robótico com comandos de voz e gestuais, reconhecimento de ação e estimativa de posição.</p> <p>Instrumentos: System Usability Scale e parâmetros indicativos de desempenho.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema apresentou desempenho muito bom, alcançando interação e comunicação efetivas e naturais entre a plataforma e os usuários. 2. Em um cenário de derramamento de água, houve alta efetividade e confiabilidade na execução das tarefas. 3. A usabilidade geral foi classificada como boa, e os usuários demonstraram alta aceitabilidade.

Fonte: elaborado pela autora.

Similarmente ao que havia sido observado para patentes, o Brasil é o país com maior participação dentre os estudos considerados, seguido pela Austrália e Suécia, conforme ilustrado pela Figura 23. Nesse sentido, é interessante realizar uma comparação direta entre as pesquisas de Curimbaba (2016) e Friesen, Theodoros e Russell (2017), uma vez que apresentam datas de publicação próximas e objetivos análogos. Analisando os relatos australianos, é possível observar a adoção de customizações (opções de configurações comercialmente disponíveis dentre as quais o indivíduo pode escolher, como tipos de rodas e tamanhos de estruturas) e componentes personalizados (fabricados sob medida para atender a necessidades individuais), de forma que a usabilidade geral foi classificada como alta/muito alta pela maioria dos usuários entrevistados (FRIESEN; THEODOROS; RUSSELL, 2017). Por outro lado, em residências, clínicas de repouso, unidades prisionais e hospitais em uma cidade brasileira, o modelo mais comum de cadeira de banho é o simples sem regulagens, apresentando disparidades significativas em relação às medidas antropométricas e gerando insatisfações sobretudo em termos dos encostos, rodas e rodízios (CURIMBABA, 2016). Tais discrepâncias entre os dois estudos indicam diferenças de contexto socioeconômico e de acesso ao recurso assistivo para os dois países e reforçam a necessidade por esforços localmente direcionados e compatíveis com a realidade da região.

Figura 23 – Distribuição percentual dos países de afiliação dos primeiros autores



Fonte: elaborado pela autora.

Dentre os trabalhos considerados na presente revisão, apenas quatro foram voltados ao projeto de novos modelos de cadeira de banho. Em decorrência da pouca

quantidade, eles serão descritos em maiores detalhes e analisados criticamente de maneira individual. O primeiro caso identificado é o estudo de Malassigné et al. (2000), em que, a partir de requisitos levantados pela equipe, foi conduzido um processo iterativo de desenvolvimento de protótipo, testes em laboratório e avaliação clínica, resultando em uma cadeira com apoios pivotados para os braços e ajustáveis para os pés (Figura 24a). Não há outras descrições quanto à abordagem seguida para o projeto. Os autores desenvolveram assentos com duas geometrias diferentes – quadrada e retangular – e empregaram dois tipos de espumas, cada uma com quatro opções de densidades. As diversas combinações obtidas foram avaliadas por meio de um sistema de mapeamento de pressão, para embasar a escolha do assento que proporcionasse melhor compromisso entre custo e alívio de pressão. Também é interessante destacar o desenvolvimento dos aros de propulsão, baseado em dados ergonômicos e dimensões das mãos, e de uma estrutura articulada para suspensão dos pés, facilitando a higienização. Entretanto, tal acessório requer que o indivíduo posicione manualmente o pé no local designado, de forma que não exclui a necessidade de inclinação para a frente.

Figura 24 – Protótipos desenvolvidos pelos estudos considerados na revisão



As imagens representam (a) a cadeira desenvolvida por Malassigné et al. (2000), (b) o esboço conceituado por Dutra (2008), (c) o protótipo apresentado por Yang et al. (2017) e (d) o modelo virtual da cadeira projetada por Lindström e Sjöberg (2019). Fonte: elaborado pela autora, com base nos trabalhos mencionados.

Já no trabalho de Dutra (2008), o foco foi direcionado para um público infanto-juvenil com paralisia cerebral, mas houve uma maior sistematização do projeto, motivo pelo qual tal estudo foi considerado na presente revisão. A autora seguiu uma abordagem centrada no usuário, conduzindo as etapas de: I) pesquisa de mercado; II) entrevistas com 58 cuidadores, para compreensão dos principais problemas e do contexto em que a atividade ocorre; III) obtenção de medidas antropométricas dos usuários e cuidadores participantes; IV) levantamento de requisitos e necessidades; V) prototipagem; e VI) análise crítica do protótipo quanto à tarefa, ergonomia e funções do produto. Ao término do estudo, chegou-se a um protótipo com regulagens na profundidade do assento e na altura do apoio de cabeça, sistema *tilt* e ajuste de altura, ilustrado na Figura 24b. No entanto, embora as necessidades dos usuários tenham sido consideradas nas etapas iniciais, não houve outras interações nem iterações. Também não há menções à aplicação de ferramentas de projeto para tratamento dos requisitos e geração de soluções. O protótipo foi analisado pela própria equipe de projeto, de forma que não foi apresentado a profissionais e familiares, nem testado com usuários. Além disso, por limitações orçamentárias, não foram consideradas questões referentes a estética ou material, de forma que a manufatura foi conduzida apenas com materiais reaproveitados para verificação de funcionalidade.

Mais recentemente, Yang et al. (2017) apresentaram uma cadeira com mecanismos para ajuste de altura e de reclinção do encosto (Figura 24c), objetivando maior adequação postural por parte dos cuidadores. No entanto, não há apoio de cabeça para garantir a manutenção postural do usuário durante mudança de angulação. Tampouco há apoios para os pés ou quaisquer menções ao conforto do assento, de forma que todo o material do protótipo é rígido. Os autores alegam terem conduzido uma análise observacional da rotina de cuidado, associada à coleta de opiniões junto a enfermeiros e usuários para embasar o levantamento de requisitos. Entretanto, não há descrições referentes ao emprego de técnicas ou ferramentas de projeto para guiar esse processo, e os requisitos listados são genéricos. As avaliações clínica e de desempenho são mencionadas, mas não detalhadas, de forma que não há descrições dos procedimentos de teste, nem dos parâmetros mensurados.

Por fim, Lindström e Sjöberg (2019) desenvolveram um protótipo de uma cadeira fixa, representado na Figura 24d, para idosos que caminhem sozinhos ou com auxílio de andadores. Embora o foco desta revisão seja em cadeiras móveis, optou-se por considerar o trabalho em questão por sua abordagem de projeto e por

apresentar recursos interessantes que não haviam sido até então abordados. Similarmente ao trabalho de Dutra (2008), os autores realizaram uma pesquisa de mercado, conduziram entrevistas e obtiveram medidas antropométricas (embora a partir da literatura e não da população de interesse). Além disso, simularam a execução da atividade, tentando colocarem-se no lugar do usuário, e empregaram uma análise hierárquica de tarefas, previamente ao levantamento de requisitos. Três iterações de prototipagem e testes foram conduzidas, chegando-se a uma versão final que inova quanto à possibilidade de rotação do assento por meio de alavancas e à presença de uma cesta removível para colocação de shampoo e sabonete. Diversas geometrias de apoios para os braços e de encostos foram esboçadas e apresentadas aos usuários (intermediários) para escolha. Além disso, foi identificado que uma angulação de 5° do assento para trás reduz a probabilidade de escorregamento do usuário. Entretanto, os testes não foram realizados com usuários finais, mas sim com terapeutas, engenheiros e desenvolvedores de produtos, o que não garante a aceitação por parte do público-alvo. Também não há descrições relacionadas à sistematização da tradução dos requisitos em conceitos. Nenhum dos estudos encontrados apresentou estruturas dobráveis.

Sejam voltados à análise de modelos já existentes ou ao desenvolvimento de novas soluções, todos os trabalhos considerados envolveram algum tipo de avaliação clínica e/ou teste de desempenho. Conforme detalhado na Tabela 5, os principais componentes considerados em avaliações clínicas incluem revisão de rotinas intestinais e de banho, conforto para usuários e cuidadores, usabilidade, ergonomia de acessórios e segurança em banho e transferências. Tais aspectos foram avaliados através de diversas ferramentas e instrumentos, como questionários, entrevistas e análises observacionais. Um estudo reportou a condução de discussões e grupos focais para obter opiniões de usuários e cuidadores acerca dos protótipos e a utilização de um sistema de mapeamento de pressão para análise do conforto do assento (MALASSIGNÉ et al., 2000). Apesar de abrangentes, as diversas ferramentas aplicadas para avaliação clínica não reportaram testes psicométricos, com exceção do questionário eMAST, um instrumento eletrônico para quantificação de usabilidade e desenvolvido pelos próprios autores (FRIESEN; THEODOROS; RUSSELL, 2017).

Testes de desempenho ou critérios para os quais o desempenho pode ser objetivamente testado foram reportados principalmente para freios ou travas, ângulos de basculação e ajuste de altura. Conforme especificado pela Tabela 5, os fatores de

capacidade de encaixe sobre vaso sanitário, apoios escamoteáveis e ajuste de profundidade do assento são analisados apenas em casos isolados, mas tal constatação pode ser justificada pelo fato de que tais requisitos de projeto não são comuns a todos os estudos. No entanto, a estabilidade estática deve ser um requisito funcional e de segurança para todos os tipos de cadeira de banho, mas tal teste só é mencionado em um estudo e ainda assim sendo realizado conforme normas voltadas a cadeiras de rodas (MALASSIGNÉ et al., 2000), não específicas para o cenário do banho e suas particularidades. Com exceção desse caso, em nenhum outro estudo houve menções à adoção de instrumentos (padronizados ou não), técnicas, procedimentos sistemáticos e valores aceitáveis para quantificar e qualificar o desempenho das cadeiras de banho, sejam elas comerciais ou desenvolvidas ao longo do próprio estudo.

Tabela 5 – Aspectos das avaliações clínicas e de desempenho abordados por cada estudo incluído na revisão

	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]
COMPONENTES DE AVALIAÇÃO CLÍNICA										
Rotinas intestinais e de banho	x			x	x	x			x	x
Conforto para usuários e cuidadores	x	x			x			x	x	
Segurança em banho e transferências	x	x			x					
Limpeza de pés e perna	x									
Úlceras de pressão e saúde da pele					x					
Correspondência com medidas					x					
Usabilidade				x		x		x	x	x
Ergonomia dos acessórios	x	x			x			x		
FERRAMENTAS DE AVALIAÇÃO CLÍNICA										
Questionários não-padronizados	x	x			x	x		x		x
Entrevistas				x	x				x	
Discussões e grupos focais	x									
Avaliações observacionais					x			x		x
Mapeamento de pressão	x									
TESTES DE DESEMPENHO										
Capacidade de encaixe sobre sanitário	x									
Apoios escamoteáveis	x									
Freios ou travas	x		x							
Estabilidade estática	x									
Ângulo de tilt			x				x			
Ajuste de altura			x				x			
Ajuste de profundidade do assento			x							

Os números entre colchetes representam os trabalhos incluídos na presente revisão, sendo: [1] Malassigné et al. (2000); [2] Comélio e Alexandre (2005); [3] Dutra (2008); [4] Friesen, Theodoros e Russell (2015); [5] Curimbaba (2016); [6] Friesen, Theodoros e Russell (2017); [7] Yang et al. (2017); [8] Lindström e Sjöberg (2019); [9] Bäckman, Bergkvist e Kristensson (2020); e [10] Zlatintsi et al. (2020). Fonte: elaborado pela autora.

Estudos já têm mostrado que aspectos de projeto de cadeiras de banho afetam a funcionalidade e a segurança durante transferências, propulsões, rotinas intestinais e banhos (FRIESEN; THEODOROS; RUSSELL, 2013). No entanto, a revisão conduzida no presente trabalho indica uma lacuna em termos de critérios e testes padronizados para verificação de desempenho. A estabilidade do equipamento, por exemplo, é um aspecto comumente levantado quanto à necessidade de melhorias (FRIESEN; THEODOROS; RUSSELL, 2015, 2017). Como o banho é uma atividade que envolve reposicionamentos e inclinações, seja para alcançar suprimentos, redistribuir pressões ou higienizar regiões de difícil acesso, a estabilidade da cadeira é um fator crítico e multidimensional, diretamente relacionado à segurança, conforto e independência. Além disso, outros recursos podem afetar a estabilidade, ocasionando pares de contradições técnicas que podem ser solucionados com auxílio das ferramentas de projeto apropriadas. A portabilidade, por exemplo, normalmente associada a estruturas dobráveis, por vezes decorre na utilização de estruturas mais pesadas, o que prejudica a estabilidade do equipamento. Similarmente, modificações no posicionamento e tamanho da roda traseira para aprimorar a propulsão também exercem o mesmo efeito prejudicial. Além dos testes de desempenho, os trabalhos voltados ao desenvolvimento de novos modelos de cadeira de banho não mencionam avaliações objetivas do nível de funcionalidade do indivíduo com o novo recurso, por instrumentos padronizados.

4.3 CARACTERIZAÇÃO DA AMOSTRA

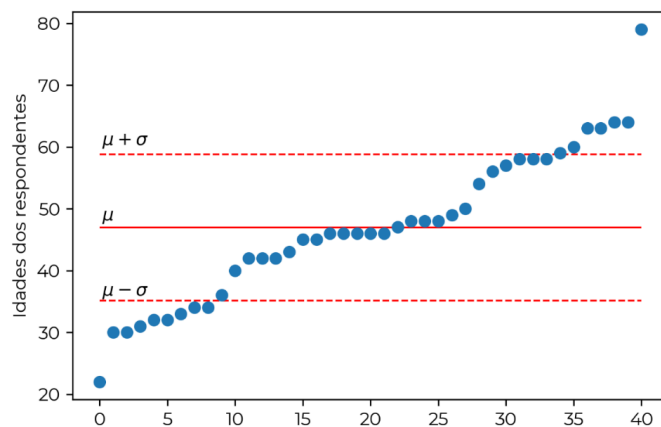
Durante a etapa inicial da pesquisa, referente ao mapeamento dos níveis de funcionalidade para banho e transferências, 44 indivíduos responderam ao questionário, sendo 16 do sexo feminino e 28 do sexo masculino. Desse total, doze participaram da primeira entrevista e, por fim, cinco foram convidados para dar continuidade ao projeto da cadeira de banho. Esta seção apresenta as principais informações obtidas desses três grupos amostrais.

4.3.1 Visão geral

A pergunta “qual a sua data de nascimento?” permitiu obtenção da distribuição de idades dos indivíduos que responderam ao primeiro formulário, com média $\mu = 47$

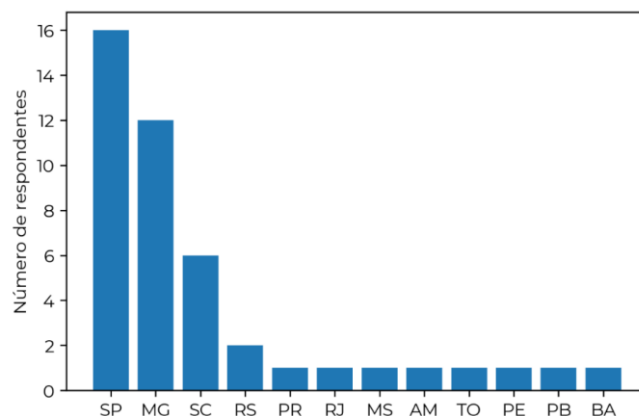
e desvio-padrão $\sigma = 11,8$, conforme ilustrado na Figura 25. A condução do teste de Shapiro-Wilk para normalidade retornou $W = 0,973$ e $p = 0,442$, indicando que as idades dos respondentes seguem uma distribuição normal. Ao contrário do estigma que associa cadeiras de banho a idosos, é possível observar que apenas 13,6% (seis) dos participantes apresentaram 60 anos ou mais. Tal constatação pode ser um reflexo da maior difusão do acesso à internet e a redes sociais entre indivíduos mais jovens. O ponto mais discrepante é referente a uma pessoa com 79 anos, caso em que um familiar atuou como respondente. Três registros foram excluídos da análise etária por serem referentes a casos em que o indivíduo selecionou no calendário o ano corrente ao invés do ano de nascimento. A estratégia de divulgação seguida e a adoção de uma abordagem remota possibilitaram a inclusão de indivíduos residentes em todas as regiões do país. Conforme mostrado na Figura 26, a participação mais expressiva foi proveniente dos estados de São Paulo e Minas Gerais, com destaque para as cidades de São Carlos e Uberlândia.

Figura 25 – Distribuição de idades segundo respostas ao primeiro questionário



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 26 – Distribuição do número de respondentes por estado de residência

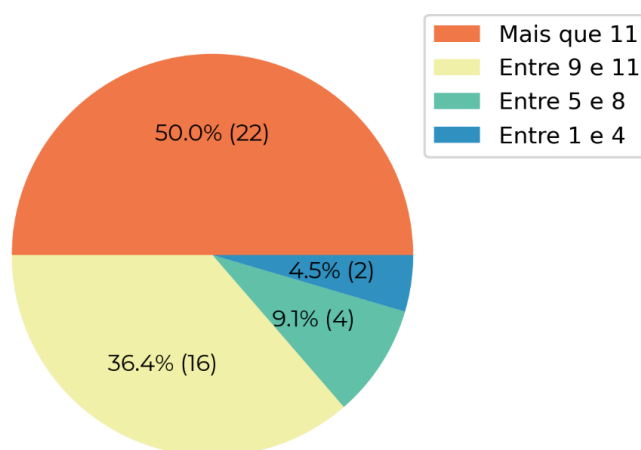


Fonte: elaborado pela autora.

Conforme representado na Figura 27, todos os participantes indicaram terem sido alfabetizados, e a maioria dos respondentes possui mais de onze anos de escolaridade, o que corresponde ao Ensino Superior (incompleto ou completo). As respostas a esse item são a base para o estabelecimento das pontuações de corte para cada indivíduo no Miniexame do Estado Mental.

Figura 27 – Distribuição dos níveis de escolaridade entre o grupo inicial de participantes

Anos de escolaridade

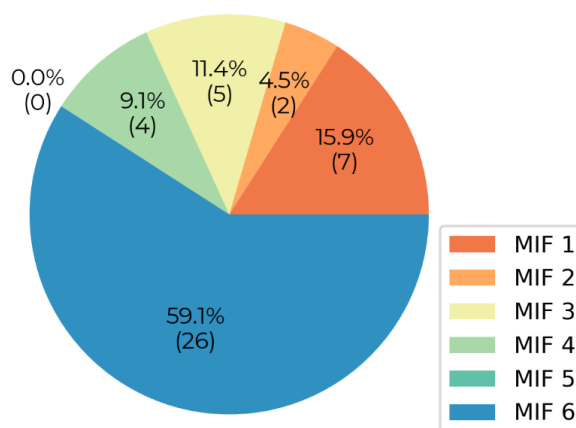


Fonte: elaborado pela autora.

Na prática clínica, a Medida de Independência Funcional é na maioria das vezes avaliada por um profissional de saúde, que observa o indivíduo simulando a execução da atividade em questão. Alternativamente, também pode ser aferida por meio de uma conversa entre terapeuta e sujeito, em que há um relato da atividade, com descrição dos auxílios prestados por outrem e da utilização de recursos assistivos. Neste trabalho, os níveis de funcionalidade para banho e transferências foram julgados pelo próprio usuário de cadeira de banho, através de questionário eletrônico (Apêndice B), proporcionando a base para posterior classificação na escala MIF por parte de dois avaliadores distintos. A distribuição dos níveis de funcionalidade para o banho encontra-se apresentada na Figura 28, indicando que 59,1% (26) dos participantes iniciais são independentes, enquanto os demais estão igualmente distribuídos entre dependência completa e dependência modificada. As perguntas elaboradas serão discutidas a seguir, para uma análise qualitativa de clareza. Para as pessoas que participaram também do grupo intermediário, a entrevista possibilitou um espaço para diálogo acerca da execução da atividade, embasando uma nova

classificação na escala MIF, que foi utilizada como referência para comparação com o valor obtido do questionário.

Figura 28 – Níveis de funcionalidade para o banho, com base nas respostas ao questionário Independência funcional durante o banho



Fonte: elaborado pela autora.

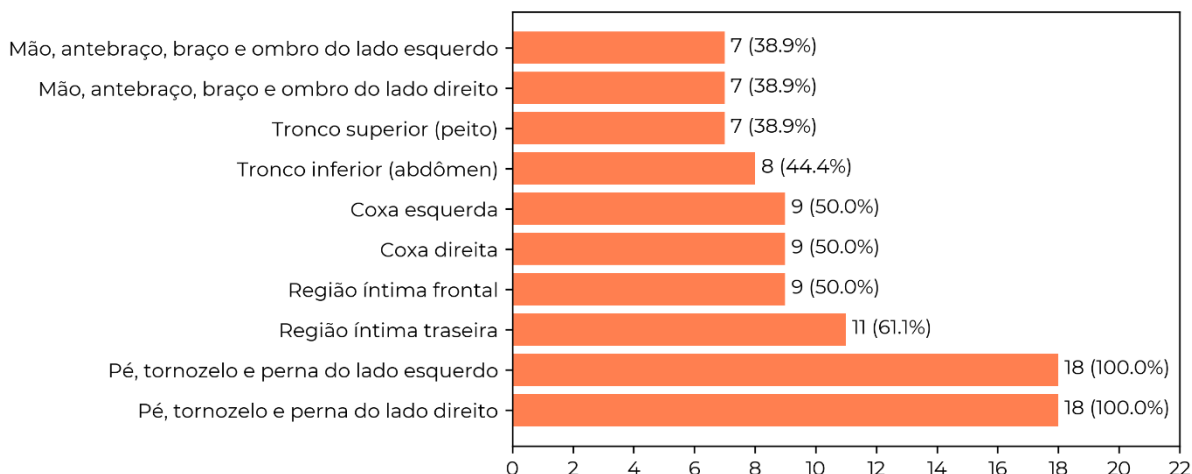
A pergunta “você precisa da ajuda de outra pessoa para tomar banho?” mostrou-se no geral suficiente para classificar um indivíduo como dependente ou independente. Apenas uma inconsistência foi identificada, referente a um indivíduo que respondeu “sim” a essa pergunta e, mais à frente no questionário, descreveu a assistência como “apenas para me colocar na cadeira”. Dessa forma, a autora interpretou que o auxílio seria na verdade para as transferências, de maneira que o indivíduo em questão foi considerado como MIF 6 para a atividade do banho. Tal informação foi confirmada durante a entrevista. Outra fonte de incoerência foi proveniente de uma provável falta de clareza com relação à expressão “equipamento especializado ou cuidados de segurança para o banho”. Cinco respondentes alegaram não precisarem de tais recursos, o que os classificaria como MIF 7, mas afirmaram serem usuários de cadeira de banho. Dessa forma, esses casos também foram classificados pela autora como MIF 6. Todos os indivíduos categorizados como MIF 6 para o banho e que também participaram do grupo intermediário obtiveram a mesma classificação via entrevista, o que indica que o questionário apresentou 100% de exatidão em identificar pessoas com independência modificada na atividade do banho.

Para auxiliar a classificação e permitir a estimativa do esforço realizado pela pessoa e pelo cuidador, é comumente sugerido que o corpo seja dividido em partes,

desconsiderando-se o pescoço, as costas e os cabelos (RIBERTO, 2013; TURNER-STOKES, 2012). O item do questionário “marque todas as partes do corpo que você precisa de ajuda para higienizar durante o banho” segue esse princípio. A distribuição das respostas para tal item encontra-se apresentada na Figura 29, onde é possível observar que as áreas mais críticas são os membros inferiores e a região íntima traseira. Além da classificação do esforço com base nas regiões do corpo, a pergunta seguinte requer que o indivíduo especifique o tipo de assistência necessário, dentre opções pré-definidas ou através de um espaço para descrição própria, caso seja preferível. Dentre os 18 respondentes que indicaram dependência durante o banho, observou-se que 61,1% (onze) foram consistentes nas respostas, de forma que a MIF baseada nas partes do corpo e a MIF baseada na descrição da assistência foram equivalentes. Continuando essa análise, 22,2% (quatro) selecionaram um tipo de assistência que corresponde a um nível mais baixo do que aquele sugerido pelas partes do corpo em que se precisa de auxílio.

Figura 29 – Regiões do corpo em que o auxílio de outrem é necessário

Marque todas as partes do corpo que você precisa de ajuda para higienizar durante o banho



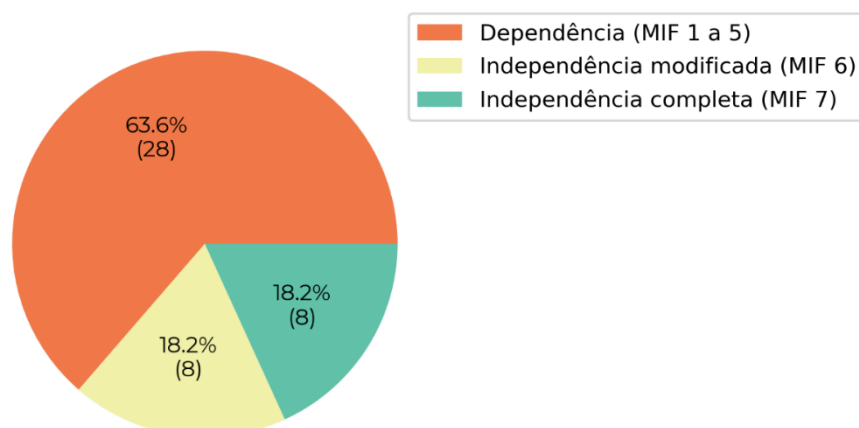
Fonte: elaborado pela autora.

De maneira geral, o questionário desenvolvido mostrou-se uma ferramenta satisfatória para classificação funcional durante o banho como dependência completa (MIF 1 e 2), dependência modificada (MIF 3, 4 e 5) ou independência (MIF 6 e 7). Os casos com respostas inconsistentes em sua maioria apresentaram incertezas dentro de uma mesma categoria, o que sugere que, para distinções mais detalhadas, as perguntas elaboradas não foram suficientes para uma classificação confiável. Duas

situações são exceções a essa tendência, de forma que a variabilidade nesses casos ocorreu entre os dois tipos de dependência (completa e modificada). Por exemplo, um indivíduo marcou apenas duas partes do corpo em que o auxílio se faz necessário, o que caracterizaria assistência mínima (MIF 4), mas, na pergunta subsequente, selecionou a opção de assistência total (MIF 1). Tal divergência pode ser um indicativo de que o participante estava se referindo à natureza do auxílio naquelas regiões específicas, e não na atividade do banho como um todo.

A distribuição dos níveis de funcionalidade para as transferências encontra-se apresentada na Figura 30. É possível observar que, embora a maioria dos participantes iniciais tenham sido caracterizados como independentes para o banho, a tendência oposta é observada em transferências, já que 63,6% (28) dos respondentes indicaram algum nível de dependência nessa atividade.

Figura 30 – Níveis de funcionalidade em transferências pelo questionário
Independência funcional durante transferências



Fonte: elaborado pela autora.

Similarmente ao que foi observado para a atividade do banho, a pergunta “você precisa da ajuda de outra pessoa para efetuar transferências?” também se mostrou suficiente para a distinção entre dependência e independência, uma vez que os respondentes que também participaram do grupo intermediário obtiveram a mesma classificação geral (dependência ou independência) via entrevista. O item referente à necessidade por dispositivos de ajuda ou adaptação aparentou apresentar maior clareza nesse caso quando comparado ao banho, provavelmente em decorrência dos exemplos listados ao final da pergunta sobre transferências (tábua de transferência, elevador, barra de apoio, etc.). Dessa forma, foi possível a distinção entre

independência modificada (MIF 6) e independência completa (MIF 7) com relação às transferências de e para a cadeira de banho. Tais divisões foram confirmadas para os indivíduos que foram entrevistados, sugerindo que o questionário apresentou 100% de exatidão em identificar pessoas com independência modificada e independência completa nas transferências. Todas as pessoas que alegaram independência para transferências também relataram serem independentes no banho. O contrário não foi observado, uma vez que dez dos indivíduos categorizados como MIF 6 no banho reportaram necessidade de auxílio para transferências.

Nos casos em que havia indicação pela necessidade de auxílio durante transferências, duas perguntas consecutivas davam continuidade ao questionário. Inicialmente, o indivíduo era questionado se ele realiza mais da metade ou menos da metade da transferência sozinho. Em seguida, ele era solicitado a classificar o tipo de assistência, similarmente à seção referente ao banho. O intuito de manter ambas as perguntas no questionário foi de que houvesse um raciocínio prévio antes do detalhamento maior acerca do auxílio. No entanto, dentre os 28 participantes que alegaram precisarem de ajuda, observou-se que 71,4% (vinte) foram consistentes nas respostas. Os restantes selecionaram opções opostas de uma pergunta para outra. Por exemplo, seis indivíduos reportaram realizarem menos da metade sozinhos (MIF 1 ou 2), mas logo em seguida caracterizaram o auxílio como assistência moderada, mínima ou apenas supervisão (MIF 3, 4 ou 5). Tais discrepâncias podem ser consequência de uma maior dificuldade em dividir a transferência em etapas ou em regiões, para identificação precisa do que seria na prática mais da metade ou menos da metade da atividade. A divisão entre quanto do esforço é dispendido pelo usuário e quanto é pelo cuidador não é algo facilmente quantificável.

4.3.2 O grupo intermediário

Dentre os 44 respondentes do primeiro questionário, 35 foram contactados para participar da primeira entrevista, voltada à aplicação do Miniexame do Estado Mental e das perguntas acerca da execução da atividade do banho, conforme roteiro apresentado no Apêndice C. Apenas doze pessoas retornaram o contato e concordaram em dar continuidade à participação, sendo cinco do sexo feminino e sete do sexo masculino. As principais informações referentes aos indivíduos que compuseram o grupo intermediário encontram-se apresentadas na Tabela 6.

Eventuais aspectos que tenham ficado dúbios pelas respostas ao questionário foram verificados durante a entrevista, para confirmação ou correção. É interessante observar que participantes com a mesma condição de saúde e o mesmo nível de lesão apresentam capacidades funcionais diferentes, o que reforça a importância de projetos de Tecnologia Assistiva direcionados para perfis de independência funcional.

Tabela 6 – Características dos participantes do grupo intermediário

ID	Idade	Gênero	Estado	MIF banho	Diagnóstico	Cadeira
P1	45	M	SP	IM	LM (T7 e T8) e TCE	Simplex
P2	33	M	RS	IM	LM (T1)	Autopropulsão
P3	58	F	SP	IM	Poliomielite	Autopropulsão e dobrável
P4	46	F	MG	IM	LM (T4 e T5)	Autopropulsão
P5	34	M	SP	IM	LM (T4 e T5)	Simplex
P6	58	F	SP	DM	Poliomielite	Cadeira de plástico
P7	46	M	SP	IM	LM (C7)	Simplex e dobrável
P8	58	F	PR	IM	Mielopatia cervical	Simplex
P9	64	M	SC	IM	LM (C5 a C7)	Autopropulsão e dobrável
P10	57	M	SP	DM	LM (C5 e C6)	Simplex
P11	47	M	PB	IM	LM (C4 e C5)	Autopropulsão e dobrável
P12	50	F	MG	DM	Atrofia muscular espinhal	Autopropulsão e dobrável

As abreviaturas ID, LM e TCE representam, respectivamente, os termos “identificação”, “lesão medular” e “traumatismo cranioencefálico”. Na coluna referente à MIF durante o banho, foram utilizadas as siglas DM e IM para dependência modificada (MIF 3 a 5) e independência modificada (MIF 6), respectivamente. Fonte: elaborado pela autora.

Durante aplicação do Miniexame do Estado Mental, cinco participantes não realizaram os itens que requerem a utilização de papel, em decorrência de restrições de movimentos nos membros superiores ou de não possuírem os materiais por perto no momento. Para evitar que tais indivíduos tivessem seus escores diminuídos por questões não relacionadas a comprometimentos cognitivos, os percentuais de acerto foram calculados nesses casos e multiplicados por 30 (pontuação total do teste completo). Após essa modificação, a pontuação média obtida no Miniexame do Estado Mental foi de $29,17 \pm 1,27$. Todos os indivíduos entrevistados atendem ao critério de cognição definido para o presente trabalho, uma vez que obtiveram pontuações iguais ou superiores às definidas como corte, sugeridas por Brucki et al. (2003) com base nos respectivos níveis de escolaridade.

4.3.3 Políticas e serviços

Metade dos entrevistados adquiriram suas cadeiras de banho por recursos próprios. Para os demais, as formas de aquisição observadas encontram-se igualmente distribuídas entre doações (via ONGs, órgãos públicos ou particulares), encaminhamentos do SUS e presentes de familiares. Em situações vinculadas a alguma instituição de saúde ou centro de reabilitação, a escolha do modelo foi usualmente conduzida pelo profissional que realiza a prescrição. Nenhum dos entrevistados afirmou ter recebido qualquer tipo de serviço de acompanhamento referente à utilização da cadeira de banho.

O motivo mais reportado para a troca da cadeira de banho foi a oxidação da estrutura. Com relação à necessidade de reparos, apenas dois indivíduos, residentes na mesma cidade e vinculados a uma mesma associação, indicaram terem acesso a uma oficina especializada em consertos de cadeiras de rodas. Os demais afirmaram realizarem manutenções por conta própria, envolvendo lubrificação de partes e substituição de peças danificadas, frequentemente rolamentos. Nesse sentido, o participante P11 reportou a inexistência de peças sobressalentes à venda em sua região, de forma que se faz necessário adquirir partes para reposição no Rio Grande do Sul, onde fica a sede do fabricante, ou em São Paulo, o que torna o processo de conserto mais lento e dispendioso. Ele afirmou: “Uma cadeira de qualidade acaba sendo um artigo de luxo para uma pessoa com deficiência. Eu acho que nem todo mundo tem condição de fazer manutenção, é muito cara [...]. Eu escolhi fazer com um mecânico local. Não é a peça original, ele fez uma adaptação a partir de uma bicicleta, mas quebra um galho.”

4.3.4 A atividade e o ambiente do banho

Metade dos entrevistados reportou residir apenas com o cônjuge, e somente a participante P3 informou morar sozinha. Em todos os casos, o ambiente de realização da atividade é o banheiro, sem proteção antiderrapante no piso, com um único relato de banho sobre o vaso sanitário. A separação entre a área de banho e o restante do ambiente normalmente é feita por porta de correr ou desnível. Seis dos entrevistados relataram a presença de barras de apoio para auxiliar durante transferências e eventuais reposicionamentos na cadeira. A aplicação do instrumento COPM resultou

em notas de $9,75 \pm 0,62$ para importância, $8,42 \pm 1,88$ para desempenho e $8,33 \pm 1,92$ para satisfação com esse desempenho.

O primeiro passo na rotina do banho é a transferência. A partir dos relatos dos entrevistados, três estratégias foram identificadas para tal: entre cadeiras, quando o indivíduo passa diretamente da cadeira de rodas para a cadeira de banho; apoio em barras de segurança, situação em que a pessoa fica em pé antes de passar para a cadeira de banho; e cama como intermediária, em que há a passagem da cadeira de rodas para a cama, usualmente para despir-se, e em seguida para a cadeira de banho. Nesse último caso, faz-se necessário o deslocamento da cadeira de banho até o banheiro. Os participantes P9 e P12 reportaram a utilização de tábua e guincho de transferência, respectivamente.

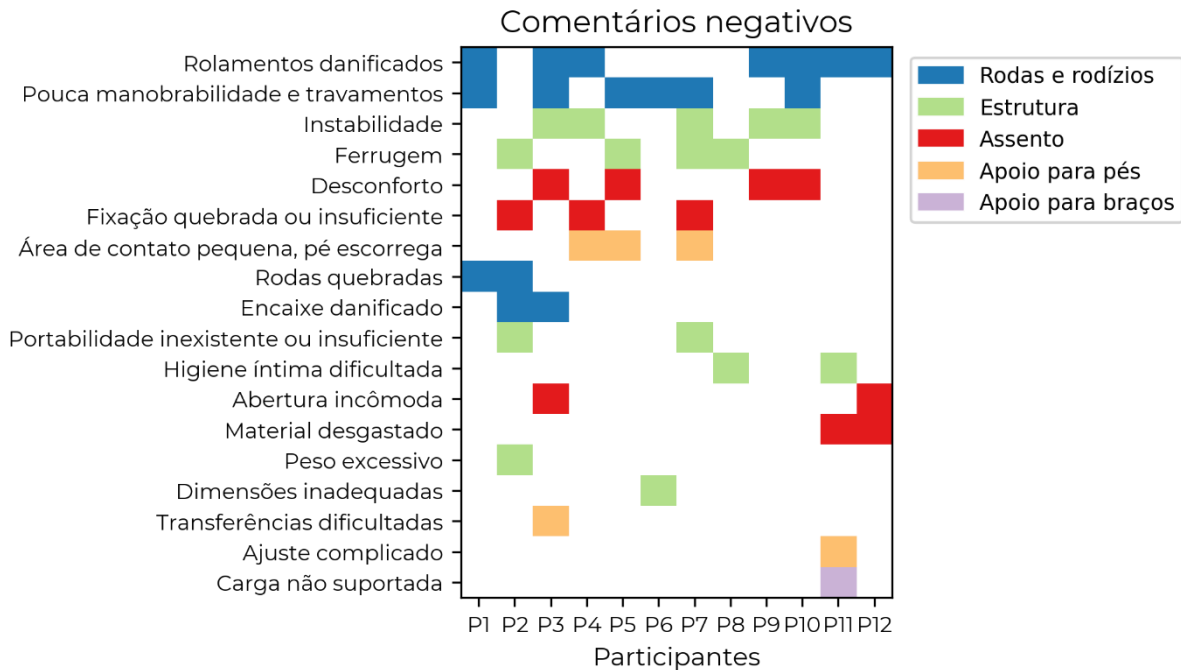
4.3.5 Tecnologia e assistência

Conforme previamente mencionado, três entrevistados têm a funcionalidade durante o banho caracterizada como dependência modificada, o que indica a necessidade por auxílio em no máximo metade da atividade. Os responsáveis pela assistência relatados foram o cônjuge ou um profissional especializado contratado. Nesses casos, o auxílio mostrou-se mais necessário ao longo das tarefas associadas, como transportar até o banheiro, despir, abrir e fechar a torneira, secar e vestir, de forma que durante a higienização em si das diferentes partes do corpo há maior independência.

O roteiro da entrevista contém uma pergunta acerca de aspectos positivos e negativos do recurso atual. No entanto, por vezes observou-se uma dificuldade por parte dos participantes em elencar vantagens e desvantagens quando abordados de maneira direta, o que pode ser decorrente de esquecimentos momentâneos e/ou de constrangimentos. Nesse sentido, observou-se que referências a problemas apareceram de maneira mais espontânea ao longo da conversa como um todo, desencadeadas por outros questionamentos. Assim, os comentários negativos foram categorizados para identificação das queixas mais comumente reportadas e encontram-se detalhados na Figura 31, com os componentes a que se referem e com registro da ocorrência por participante. Os comentários mais recorrentes são referentes às categorias de danos nos rolamentos, travamentos das rodas, instabilidade estrutural, corrosão do material e desconforto do assento. Apenas um

aspecto negativo foi identificado para o apoio dos braços, que cedeu ao longo do tempo sob o peso do usuário durante as transferências. É importante ressaltar que a participante P8 não utiliza sua cadeira comercial para a atividade do banho em si, mas sim para rotinas vesical e intestinal.

Figura 31 – Categorias de comentários negativos por participante e componente



Fonte: elaborado pela autora.

Além dos comentários negativos, também foram identificadas algumas sugestões ao longo das conversas. Por exemplo, a participante P3 manifestou o desejo por ir à praia: “Você já viu velotrol? Aquelas rodas grossas para crianças? Imagina uma roda dessas com uma roda grande. A cadeira de banho serve para você levar na praia. Se ela for mais larga e colocar duas borboletas para parafusar, você vai à praia e brinca à vontade.” A mesma participante também reportou dificuldades durante as transferências e propôs algo para auxiliar nesse processo: “Que tal você montar uma cadeira que já tenha um extensor para você puxar? Se você puxa e coloca fixo na sua cadeira, você pode escorregar para ela.” Outra sugestão foi proveniente do participante P10, que utiliza um modelo simples sem regulagens e deseja mais autonomia, sem que outra pessoa o impulsione: “Eu até pensei em comprar uma cadeira e adaptar um daqueles skates elétricos para as rodas da frente.” O participante P11 opinou que, para modelos com autopropulsão e seis rodas, as duas pequenas da parte traseira deveriam ser removíveis, pois, do contrário, ficam submetidas à

corrosão mesmo quando não estão sendo utilizadas. Por fim, a participante P12 indicou que apoios de braços mais elevados podem servir de suporte para lavar o rosto e os cabelos.

Os relatos de insegurança foram referentes às transferências e/ou à necessidade de inclinação para a frente, seja para higienização de membros inferiores, seja para alcançar um sabonete que caiu. O participante P7, por exemplo, relatou: “Às vezes eu me sinto inseguro quando eu vejo que está escorregando muito, ou cai alguma coisa no chão, e preciso me abaixar para pegar. Então procuro deixar a perna sempre um pouco mais apoiada, mas não direto na cadeira, porque o apoio de pé dela é muito curtinho. Eu tenho um banquinho onde apoio as pernas caso eu tenha que me inclinar para frente.” Ainda nessa questão, o participante P9 afirmou: “A pessoa que está em cima de uma cadeira de rodas está o tempo todo insegura. A cadeira em si é sempre instável.”

A satisfação dos participantes com o equipamento de auxílio ao banho foi avaliada através do instrumento padronizado QUEST e encontra-se resumida na Tabela 7. As avaliações da participante P6 não foram aplicáveis a essa análise, uma vez que se referem a uma cadeira de plástico e, portanto, foram excluídas.

Tabela 7 – Valores de satisfação obtidos via aplicação do QUEST

Quão satisfeito(a) você está com:	$\mu \pm \sigma$	Mínimo	Máximo
Dimensões	3,64 \pm 0,92	2	5
Peso	3,73 \pm 0,90	3	5
Ajustes	3,30 \pm 1,34	1	5
Segurança	3,64 \pm 1,29	1	5
Durabilidade	3,64 \pm 1,03	1	5
Facilidade de uso	3,36 \pm 1,29	1	5
Conforto	3,18 \pm 1,25	1	5
Eficácia	4,27 \pm 0,79	3	5
Satisfação com o equipamento	3,61 \pm 0,87	1,87	4,71

As pontuações representam uma escala de satisfação, de forma que: 1 – insatisfeito(a), 2 – pouco satisfeito(a), 3 – mais ou menos satisfeito(a), 4 – bastante satisfeito(a) e 5 – totalmente satisfeito(a). Fonte: elaborado pela autora.

É possível observar que, para os entrevistados, as maiores fontes de insatisfação são conforto, facilidade de ajuste e facilidade de uso, enquanto a maior

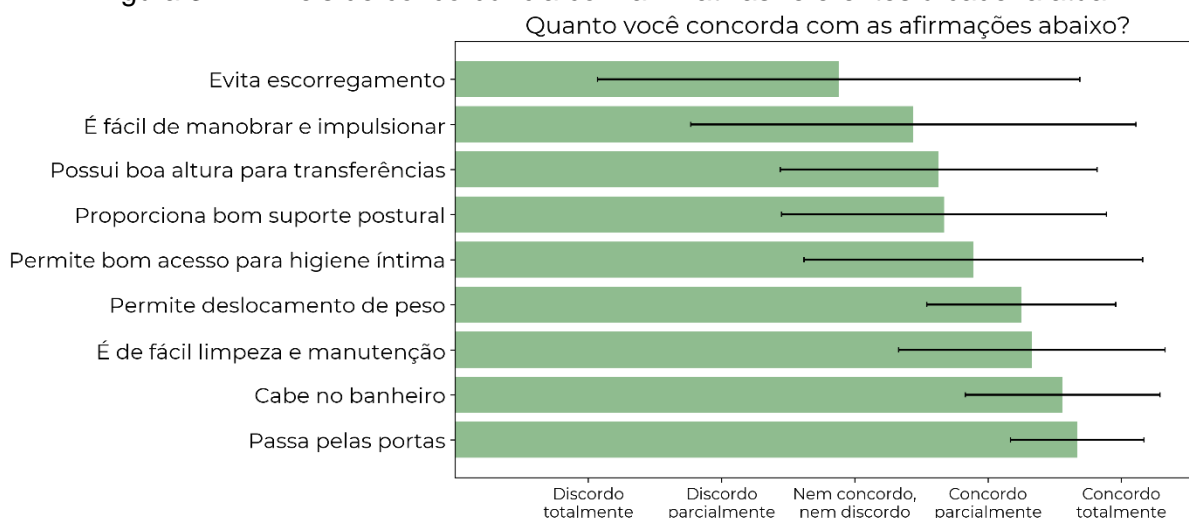
fonte de satisfação é a eficácia do recurso de auxílio ao banho. Embora queixas acerca da ocorrência de ferrugem e da necessidade de substituição das rodas e rodízios tenham sido frequentes (Figura 31), a durabilidade da cadeira apresentou bom nível de satisfação. Isso pode ser consequência do fato de que os participantes desenvolveram a habilidade de realizar suas próprias manutenções e adaptações nas cadeiras, sem necessariamente recorrer a terceiros.

A satisfação com os serviços profissionais, de manutenção e de acompanhamento associados também foi analisada, mas tais serviços foram julgados como inexistentes em todos os casos, à exceção das participantes P4 e P12, que têm acesso a oficinas especializadas. Portanto, os valores da segunda parte da escala QUEST não se aplicam a esses casos e não foram reportados no presente trabalho. Participantes que receberam suas cadeiras de banho via encaminhamentos do SUS afirmaram estarem insatisfeitos ou pouco satisfeitos com o processo e entrega, indicando que ele é demorado. Já aqueles que adquiriram por recursos próprios ou doações reportaram estarem bastante ou totalmente satisfeitos com a entrega.

Enquanto o QUEST avalia aspectos mais gerais, a pergunta envolvendo a escala de concordância com afirmações permite uma análise mais específica do desempenho da cadeira de banho, consistindo em um indicativo de usabilidade (FRIESEN; THEODOROS; RUSSELL, 2017). É importante destacar que dois dos participantes não responderam a esse tópico, uma vez que nesses casos o tempo inicialmente previsto para a condução da entrevista havia sido extrapolado e os indivíduos em questão já haviam espontaneamente compartilhado suas impressões sobre a maioria dos aspectos abordados. Conforme apresentado na Figura 32, a afirmação de que a cadeira de banho evita escorregamentos, seja do usuário no assento ou das rodas no piso, foi a que apresentou nível mais baixo de concordância. Em contrapartida, todos os entrevistados concordaram com as afirmações de que o equipamento passa pelas portas da residência e cabe no banheiro. No entanto, nesses casos normalmente era feita a ressalva de que foi necessária uma reforma ou adaptação no ambiente, como o aumento da largura das portas, a remoção do box do banheiro ou a instalação de um vaso sanitário de tamanho compatível. Tal constatação levanta questionamentos e reflexões acerca do real nível de acessibilidade e assistência proporcionado por tais equipamentos e ressalta a importância da consideração do ambiente para a prescrição da Tecnologia Assistiva. Em uma atividade como o banho, que está atrelada à execução de múltiplas outras

tarefas, não apenas o banheiro deve ser considerado, mas todo o trajeto percorrido. A participante P4, por exemplo, relatou que precisou serrar partes dos pés da cama, para que alcançasse uma altura compatível com a da cadeira, facilitando as transferências. Considerando um usuário de baixa renda, que receba uma cadeira de banho pelo SUS e que não disponha de recursos para adaptar sua residência, é provável que a utilização do equipamento seja interrompida.

Figura 32 – Níveis de concordância com afirmativas referentes à cadeira atual

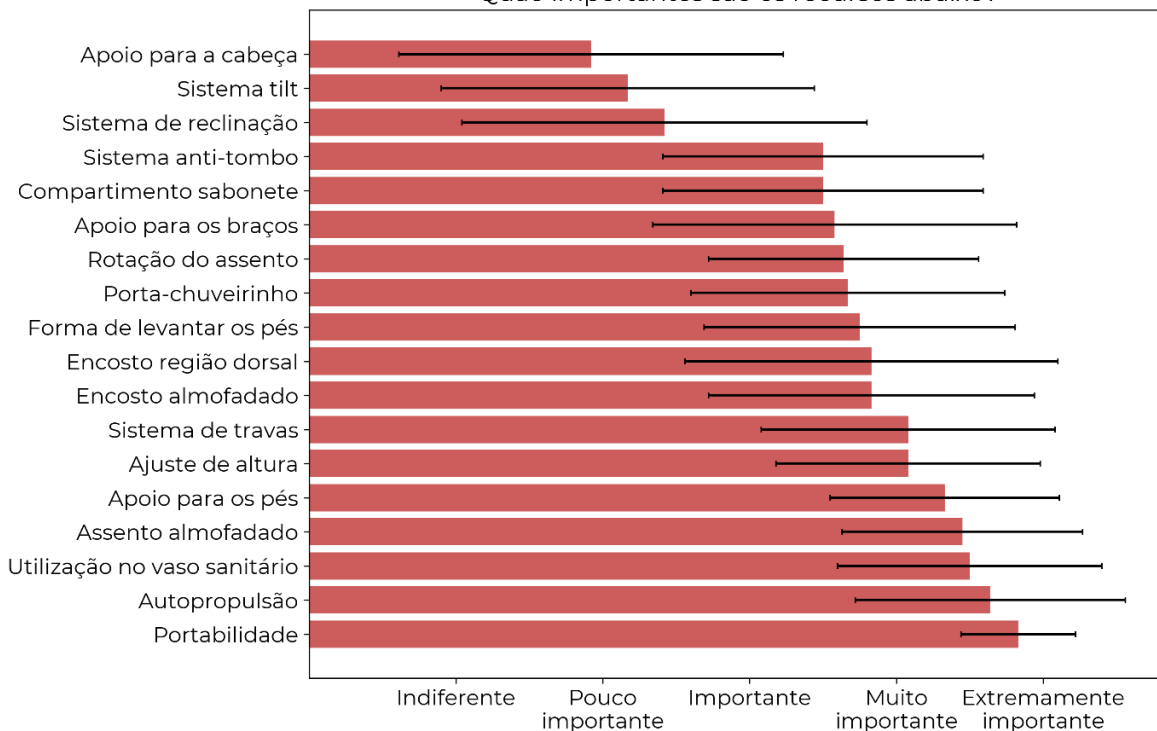


Fonte: elaborado pela autora.

Tendo avaliado a satisfação com aspectos gerais e o desempenho da cadeira com relação a fatores mais específicos, os participantes foram em seguida solicitados a atribuir importâncias, em uma escala de 1 a 5, a recursos para uma cadeira de banho futura. Conforme disposto na Figura 33, os itens julgados mais importantes pelos usuários foram a autopropulsão, a portabilidade e a possibilidade de utilização sobre o vaso sanitário, enquanto o apoio para a cabeça e os sistemas de *tilt* e reclinção foram os menos importantes. Tais ranqueamentos podem ser interpretados como consequências diretas do nível de independência funcional dos entrevistados, em sua maioria classificados como MIF 6. Sobretudo em se tratando de uma atividade íntima como o banho, o desejo por autonomia se fez presente ao longo de todos os relatos, expresso em termos do transporte até o banheiro por conta própria, sem ajuda de outra pessoa para impulsionar, e da possibilidade de levar a cadeira em viagens. O apoio para a cabeça e as opções de ajuste de angulação, seja do sistema encosto-assento ou do encosto isoladamente, foram no geral classificados como indiferentes ou pouco importantes, sendo consideradas pelos entrevistados medidas mais

necessárias para pessoas sem controle de tronco. Apenas a participante P6 considerou tais recursos extremamente importantes, mas ela apresenta nível de funcionalidade no banho caracterizado como dependência modificada (MIF 3 a 5), necessitando da ajuda de outra pessoa para tomar banho, o que ressalta a importância de um levantamento de requisitos embasado no nível de funcionalidade.

Figura 33 – Graus de importância atribuídos aos recursos de uma cadeira futura
Quão importantes são os recursos abaixo?



Fonte: elaborado pela autora.

É interessante observar que, apesar da importância atribuída à portabilidade, apenas dois participantes levantaram queixas espontaneamente em relação a esse quesito (Figura 31), sendo um caso referente à estrutura não dobrável do modelo e outro ao pouco grau de compactação. Tal constatação poderia ser um indicativo de satisfação com a portabilidade atual e desejo pela conservação de tal característica em modelos futuros. No entanto, é mais provável que não seja esse o caso, uma vez que a maioria dos entrevistados apresentam modelos de cadeiras de banho que não são dobráveis ou desmontáveis. Portanto, essa aparente discrepância detectada destaca a importância da elaboração de um roteiro com perguntas abrangentes, seguindo um modelo teórico que englobe todos os fatores direta ou indiretamente envolvidos na utilização do dispositivo, incluindo aspectos objetivos e quantificáveis e estimulando o relato espontâneo.

4.3.6 Impressões gerais da entrevista

Ao longo dos relatos, observou-se que todos os participantes são indivíduos já adaptados às suas condições de saúde, que foram ou estão sendo atendidos em serviços de reabilitação e que já encontraram as estratégias rotineiras mais propícias à execução de todas as atividades associadas ao banho. Nesse contexto, iniciativas próprias foram desencadeadas para modificar tanto os ambientes quanto as cadeiras de banho, aprimorando-os para que melhor atendam às necessidades individuais. As participantes P3 e P12, por exemplo, relataram terem removido de forma definitiva os apoios para os pés e para os braços, respectivamente, para facilitar as transferências e a movimentação lateral. Já o participante P9 afirmou: “Eu coloquei duas peças para que o assento fique levemente inclinado para trás, para ter um equilíbrio de tronco melhor. A gente pega um equipamento novo de fábrica, que supostamente foi projetado para usar, mas, dada a sua necessidade específica, você adapta algumas coisas”. Tais constatações podem explicar as altas notas atribuídas às categorias de desempenho e de satisfação com desempenho no COPM, por vezes justificadas por comentários como “dou o meu melhor” ou “sei o quanto já melhorei”.

Com hábitos cotidianos já estabelecidos, em alguns casos observou-se certo comodismo por parte dos participantes, com descrença em relação a possíveis melhorias, julgando alguns dos recursos abordados como realidades muito distantes, através de frases como “se fosse possível”. Tal aceitação da situação presente também refletiu em uma discrepância entre comentários e pontuações no QUEST, constatada em alguns casos. Por exemplo, o participante P2 afirmou que “se pudesse, mudaria tudo” na cadeira, mas listou como ponto negativo apenas o fato de seu modelo não ser dobrável e avaliou sua satisfação em todos os itens do QUEST como, no mínimo, mais ou menos satisfeito.

Um aspecto interessante também observado com todos os entrevistados é a preocupação com outras pessoas, que apresentam outras condições de saúde, outros níveis de lesão e que, portanto, teriam outras necessidades. Tal fator foi especialmente detectado durante a pergunta acerca da importância de um apoio para a cabeça, em que foram comuns comentários da seguinte natureza por parte dos entrevistados: “Depende da patologia, para mim não faria diferença, mas eu acredito que para quem precisa seria extremamente importante.”

O roteiro desenvolvido, baseado no modelo teórico PHAATE e em instrumentos padronizados, permitiu uma compreensão geral dos fatores associados à execução da atividade do banho e à utilização do recurso assistivo, fornecendo uma base para o levantamento e a priorização de requisitos para o projeto da cadeira de banho sob a ótica do usuário final. A abrangência das perguntas possibilitou que os mais diversos aspectos fossem abordados e trazidos à tona, o que não seria viável mediante questionário ou caso somente itens quantificáveis fossem considerados. Por exemplo, os comentários negativos referentes às rodas e aos rodízios só surgiram durante os questionamentos acerca de manutenção, referentes à seção de políticas do roteiro. Em alguns casos, a depender da desenvoltura do participante, certas perguntas acabaram por mostrar-se repetitivas, envolvendo aspectos que já haviam sido espontaneamente mencionados, ficando a critério da moderadora julgar a relevância da pergunta para cada situação.

Como previamente discutido, diferenças consideráveis puderam ser detectadas entre as prioridades de indivíduos com dependência modificada (MIF 3 a 5) e com independência modificada (MIF 6). Tal constatação reforça a necessidade por projetos de dispositivos assistivos focados em níveis de funcionalidade. Portanto, para a continuidade do projeto, os requisitos e os participantes foram elencados com base em apenas um desses grupos. Cinco indivíduos (P1, P4, P7, P9 e P11) caracterizados como MIF 6 durante o banho foram convidados a acompanhar o desenvolvimento conceitual do equipamento.

4.4 REQUISITOS DO USUÁRIO E CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Com base nos relatos provenientes das entrevistas, a seguinte lista de requisitos foi elaborada, visando atender a usuários com independência modificada durante a atividade do banho (MIF 6):

- Rodas dianteiras mais resistentes e que permitam maior manobrabilidade;
- Resistência à oxidação, seja pelo material da estrutura ou por um revestimento;
- Rodas grandes para autopropulsão, com sistema de freios/travas;
- Dobrável, de forma que a estrutura fique compacta o suficiente para transporte em viagens;

- Ajuste de altura controlado pelo próprio usuário para facilitar transferências e permitir utilização sobre múltiplos tamanhos de vaso sanitário;
- Apoio para os pés removível, com ajuste de altura, para facilitar a higienização de membros inferiores, e dotado de área de contato grande e com formato anatômico, que evite escorregamento do pé;
- Apoio para os braços escamoteável ou removível, para facilitar transferências e movimentações gerais e para proporcionar uma superfície de suporte durante situações de reposicionamento ou inclinações no banho;
- Assento almofadado e levemente inclinado para trás, que minimize a formação de úlceras de pressão, que possua revestimento impermeável para evitar escorregamentos e que permita uso com ou sem a abertura.

Os requisitos detalhados foram simplificados para aplicação no QFD e, por vezes, desdobrados em mais de um item, conforme listado na Tabela 8. As notas de importância atribuídas por cada um dos grupos – usuários, equipe de projeto e profissionais de saúde – também podem ser observadas na tabela.

Tabela 8 – Lista de requisitos do usuário e respectivas importâncias

Requisito do usuário	Importância				Peso absoluto	Peso relativo
	U	EP	PS	μ		
Ser facilmente manobrável	9	9	3	7	9	22
Permitir a autopropulsão	9	9	3	7	9	22
Ser resistente à corrosão	3	3	1	2,3	1	2,44
Ser dobrável	9	3	3	5	3	7,32
Ter altura ajustável	1	3	3	2,3	1	2,44
Ser compatível com vaso sanitário	3	3	1	2,3	1	2,44
Ter apoio para pés removível ergonômico	3	1	3	2,3	1	2,44
Ter apoio escamoteável para os braços	1	1	3	1,7	1	2,44
Ser confortável	3	3	9	5	3	7,32
Ser estável	3	9	9	7	9	22
Evitar escorregamentos do usuário	3	3	9	5	3	7,32

As siglas “U”, “EP” e “PS” indicam as notas de importância (1, 3 ou 9) atribuídas a cada requisito pelos usuários participantes, pela equipe de projeto e por profissionais de saúde, respectivamente. μ representa a média entre esses três grupos. Fonte: elaborado pela autora.

De maneira geral, os itens considerados mais relevantes foram a manobrabilidade, a autopropulsão e a estabilidade. É possível observar certa consistência nas importâncias atribuídas pelos três grupos. Nenhum requisito teve três notas diferentes, e não houve a ocorrência de notas 1 e 9 para uma mesma condição.

Isso sugere uma boa comunicação entre os diferentes domínios do conhecimento e um bom entendimento dos contextos, necessidades e preferências dos usuários. Não houve, portanto, a necessidade de atribuição de fatores multiplicativos para aumentar a importância de itens específicos. A partir da lista de requisitos elaborada, vinte características técnicas foram listadas e formalmente conceituadas, conforme apresentado no Apêndice G. As possíveis melhorias para cada característica técnica também são definidas no apêndice. Essa significação facilita a identificação de relações e correlações entre diferentes atributos, além de proporcionar uma base para a detecção de contradições técnicas e para a geração de soluções.

Seguindo o procedimento detalhado na seção 3.6.2, a matriz de relações e a matriz de competitividade técnica do QFD foram elaboradas e encontram-se apresentadas na Figura 34 e na Figura 35, respectivamente. É possível observar que os parâmetros relativos a coeficiente de atrito dinâmico, posição do centro de gravidade, diâmetro das rodas traseiras e número de graus de liberdade são os mais relevantes para o projeto da cadeira.

Figura 34 – Matriz de relações do QFD entre o domínio do usuário e o técnico

Unidade	mm	u	-	mm	$\frac{kg}{m^2 \cdot s}$	V	$\frac{m^3}{m^3 \cdot s}$	u	mm	mm	mm	mm ²	°	$\frac{kg}{m^3}$	$\frac{W}{m \cdot K}$	mm ²	u	mm	mm	%
Requisitos do usuário / Características técnicas	Diâmetro das rodas dianteiras	Número de graus de liberdade	Coefficiente de atrito dinâmico	Diâmetro das rodas traseiras	Taxa de corrosão	Potencial eletroquímico	Índice de compactação	Número de módulos	Varição na distância do assento ao chão	Largura da estrutura	Varição na distância do apoio ao assento	Área de contato entre pé e apoio	Ângulo entre apoio e horizontal	Densidade da espuma do assento	Taxa de condutividade	Área da superfície de contato	Número de cantos vivos	Posição do centro de gravidade	Deslocamento involuntário	Índice de absorção de água
Ser facilmente manobrável	●	●	●	○	○	▽														
Permitir a autopropulsão		○	●	●	○	▽												○		
Ser resistente à corrosão					●	●														
Ser dobrável							●	●										▽		
Ter altura ajustável									●		▽							○		
Ser compatível com vaso sanitário									●	●										
Ter apoio para os pés removível ergonômico									▽		●	●								
Ter apoio para os braços escamoteável													●							
Ser confortável									▽	▽	▽	○	▽	●	●	●	●			
Ser estável				▽			▽		○		○							●	○	
Evitar escorregamento do usuário																		▽	●	●
Convenções de relações	Forte 9 ●		Moderada 3 ○				Fraca 1 ▽													

Fonte: elaborado pela autora.

Figura 35 – Matriz de competitividade técnica do QFD

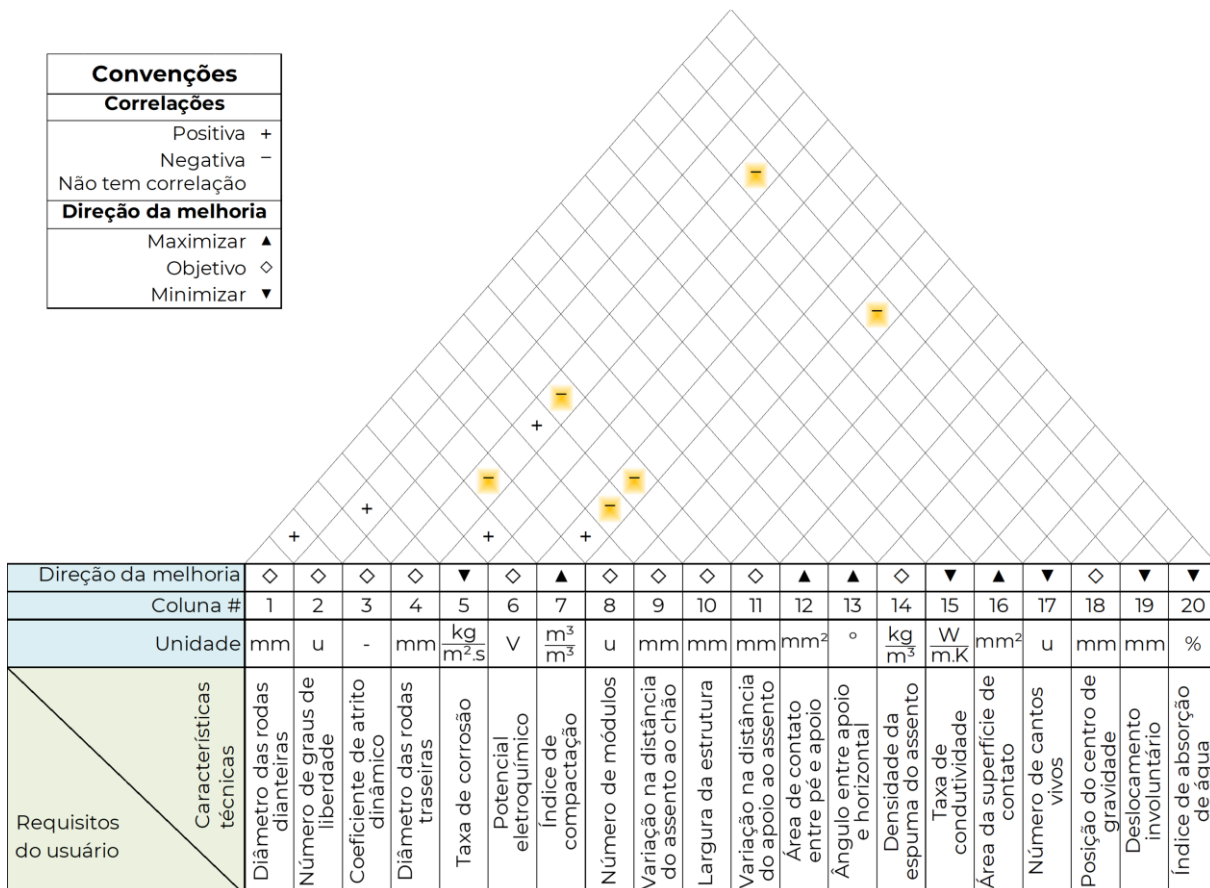
Requisitos do usuário	Características técnicas																			
	Diâmetro das rodas dianteiras	Número de graus de liberdade	Coefficiente de atrito dinâmico	Diâmetro das rodas traseiras	Taxa de corrosão	Potencial eletroquímico	Índice de compactação	Número de módulos	Varição na distância do assento ao chão	Largura da estrutura	Varição na distância do apoio ao assento	Área de contato entre pé e apoio	Ângulo entre apoio e horizontal	Densidade da espuma do assento	Taxa de condutividade	Área da superfície de contato	Número de cantos vivos	Posição do centro de gravidade	Deslocamento involuntário	Índice de absorção de água
Peso Absoluto	198	263	395	285	154	66	88	66	120	29	98	44	29	66	66	66	66	285	132	66
Peso Relativo (%)	7,7	10	15,3	11,1	6	2,6	3,4	2,6	4,6	1,1	3,8	1,7	1,1	2,6	2,6	2,6	2,6	11,1	5,1	2,6
Diagrama de pesos relativos																				
Coluna #	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

Fonte: elaborado pela autora.

4.5 IDENTIFICAÇÃO E TRATAMENTO DE CONTRADIÇÕES

A Figura 36 apresenta o preenchimento da matriz de correlações do QFD, com os sinais negativos e positivos indicando a natureza das relações correspondentes. Portanto, os pares aos quais o sinal negativo foi atribuído representam contradições técnicas.

Figura 36 – Telhado do QFD para identificação de contradições técnicas



Fonte: elaborado pela autora.

Dentre os pares de contradições identificados (representados pelo sinal negativo e destacados em amarelo na Figura 36), os três com maior grau de criticidade (maior soma de importâncias) foram selecionados para serem tratados por meio da TRIZ. Essas contradições mais críticas correspondem às colunas 4×18 , 9×18 e 4×7 e estão detalhadas na Tabela 9. Os atributos em negrito na tabela são as características técnicas de maior importância de cada par e correspondem aos itens que serão melhorados em detrimento dos demais. É importante destacar que, para a contradição 1, houve um empate entre as importâncias atribuídas às características técnicas e, por isso, a posição do centro de gravidade foi escolhida como o parâmetro a ser melhorado, por ser um fator relacionado a segurança.

As contradições técnicas definidas estabelecem problemas específicos a serem solucionados pelo projeto. Portanto, deseja-se otimizar o diâmetro das rodas traseiras evitando prejudicar o índice de compactação e aprimorar a posição do centro de gravidade sem afetar nem a variação na distância do assento ao chão nem o diâmetro das rodas dianteiras. A Tabela 9 também apresenta a primeira etapa de aplicação da TRIZ, correspondente à abstração do problema, ou seja, à tradução das características técnicas de cada contradição em parâmetros de engenharia.

Tabela 9 – Contradições técnicas identificadas a serem tratadas pela aplicação da TRIZ

Contradição	Características técnicas	Parâmetros de engenharia
1	Diâmetro das rodas traseiras (4) × Posição do centro de gravidade (18)	Conveniência de uso (33) × Estabilidade do objeto (13)
2	Variação na distância do assento ao chão (9) × Posição do centro de gravidade (18)	Adaptabilidade (35) × Estabilidade do objeto (13)
3	Diâmetro das rodas traseiras (4) × Índice de compactação (7)	Conveniência de uso (33) × Volume do objeto estático (8)

Fonte: elaborado pela autora.

Dando continuidade à aplicação da TRIZ, na Tabela 10 estão apresentados os principais PIs levantados pela equipe de projeto como potenciais formas de resolver cada um dos conflitos mencionados. É interessante observar que os princípios 1 (segmentação) e 17 (mudança para uma nova dimensão) são comuns a todas as contradições. No entanto, eles podem ser interpretados de maneiras diferentes a depender do contexto em que estão inseridos, possivelmente gerando saídas que

variam entre conflitos técnicos. Além desses, o PI 7 (aninhamento) também foi selecionado para guiar a proposta de soluções. Os desdobramentos dos PIs relevantes em conceitos técnicos serão detalhados nas seções seguintes.

Tabela 10 – Possíveis princípios inventivos para solucionar as contradições

Parâmetros de engenharia	Princípios inventivos (PIs)
13 – Estabilidade do objeto ×	1 – Segmentação 8 – Contrapeso 11 – Amortecer antecipadamente 13 – Inversão
33 – Conveniência de uso	17 – Mudança para uma nova dimensão 18 – Vibração mecânica 35 – Transformação dos estados físicos e químicos
13 – Estabilidade do objeto ×	1 – Segmentação 2 – Extração 6 – Universalidade 7 – Aninhamento 15 – Dinamicidade
35 – Adaptabilidade	17 – Mudança para uma nova dimensão 28 – Substituição de sistema mecânico 29 – Construção pneumática ou hidráulica 35 – Transformação dos estados físicos e químicos
33 – Conveniência de uso ×	1 – Segmentação 2 – Extração 6 – Universalidade 7 – Aninhamento
8 – Volume do objeto estático	17 – Mudança para uma nova dimensão 29 – Construção pneumática ou hidráulica 40 – Materiais compósitos

Fonte: elaborado pela autora.

4.6 PROPOSTAS DE SOLUÇÕES

A partir dos requisitos levantados para o projeto, das contradições técnicas identificadas e dos princípios inventivos selecionados, optou-se pela adoção de uma abordagem modular para o desenvolvimento da cadeira, atendendo ao princípio de segmentação, de forma que cada módulo pudesse ser desenvolvido de maneira independente dos demais e fosse posteriormente integrado ao conjunto. Os módulos de elevação, portabilidade, deslocamento e ajustes foram definidos, e as funções de projeto pertinentes foram detalhadas para cada um. Conforme apresentado na Tabela 11, para cada função de projeto foram propostas diversas opções de soluções

técnicas, a partir de discussões com a equipe de projeto e busca por analogias. As soluções destacadas em azul representam as escolhidas como mais viáveis para o projeto e, quando combinadas, representam um caminho para um protótipo conceitual da cadeira de banho.

Tabela 11 – Quadro Morfológico com possíveis soluções para funções de projeto

Funções de projeto		Soluções		
Módulo de elevação				
Acionar mecanismo	Atuador pneumático	Alavanca	Manivela com fuso	Manípulo
Regular altura	Elevador pantográfico	Mecanismo de quatro barras	Pinhão-cremalheira	Trilhos ou tubos com pinos
Travar posição	Parafuso autotravante	Pinos	Conjunto de engrenagens	Catracalingueta
Módulo de portabilidade				
Aproximar lados opostos	Mecanismo telescópico	Barras articuladas	Redução à altura mínima	Mecanismo sanfonado (dobradiça)
Compactar partes sobressalentes	Compartimentos internos	Estruturas dobráveis	Estruturas removíveis	
Módulo de deslocamento				
Facilitar manobras	Carrinho de bebê	Skate elétrico	Carrinho de carga	Cadeira de escritório
Módulo de ajustes				
Ajustar apoios em altura	Tubos (com pino ou manípulo)	Trilhos com botão para travamento	Parafuso de movimentação	
Ajustar apoios em ângulo	Tubos (com pino ou manípulo)	Pinhão-cremalheira	Junta plana	Junta esférica

Fonte: elaborado pela autora.

Para o módulo de elevação, por exemplo, três funções de projeto foram identificadas, correspondentes ao acionamento do mecanismo, à regulação de altura em si e ao travamento do sistema na posição de interesse, de forma a proporcionar segurança para o usuário. Com relação à mudança de altura, o mecanismo de quatro barras havia sido inicialmente selecionado, mas, após reuniões da equipe de projeto, foi descartado por mostrar-se mecanicamente inviável para o cenário em questão. Dessa forma, optou-se pela utilização de uma estrutura em “X”, inerente ao elevador pantográfico e comumente encontrada em sistemas elevatórios. Como tal seleção requer movimento rotacional para acionamento, a manivela foi escolhida para essa função, associada a um parafuso de potência autotravante. Havia a preocupação de

que tal decisão pudesse exigir um movimento de difícil execução para indivíduos com funcionalidade reduzida nos membros superiores, questão que foi analisada mediante a interação seguinte com os usuários. Um atuador pneumático poderia proporcionar um ajuste de altura mais suave e contínuo, ao mesmo tempo em que demandaria menos esforço do usuário, mas consiste em uma solução de elevado custo e suscetível a falhas em um ambiente úmido.

4.7 PRIMEIRA VERSÃO DO CONCEITO

Combinando as soluções avaliadas pela equipe como mais viáveis, a primeira versão do modelo virtual desenvolvido para a cadeira de banho está apresentada na Figura 37. De maneira geral, é possível observar a presença de rodas traseiras grandes com aros de propulsão, acompanhadas de travas laterais para fixação da cadeira na posição de interesse. Um padrão de furos oblongos foi inicialmente adotado para o encosto, objetivando facilitar o escoamento de água.

Figura 37 – Renderização da primeira versão do conceito da cadeira de banho



Fonte: elaborado pela autora.

O assento foi projetado seguindo um formato anatômico em “S” para proporcionar melhor distribuição de pressões na interface. Além disso, como é possível observar na Figura 38, sua parte frontal é encaixada ao restante do componente, podendo ser removida caso o indivíduo prefira utilizar com a abertura

frontal. Tal solução visa atender tanto a usuários que não gostam da abertura – por ocasionar escorregamento das pernas para a região interna – quanto àqueles que a julgam necessária para facilitar a higiene íntima.

Figura 38 – Assento idealizado com parte frontal removível



Fonte: elaborado pela autora.

4.7.1 Dimensões

A Tabela 12 e a Tabela 13 resumem as principais informações provenientes do levantamento relativo a medidas antropométricas e do espaço físico associado ao banho, respectivamente, obtidas conforme descrito na seção 3.7.

Tabela 12 – Resumo das medidas antropométricas de relevância para o projeto, em mm.

Dimensões	Homens (<i>n</i> = 320)				Mulheres (<i>n</i> = 146)			
	μ	σ	Mín. P ₅	Máx. P ₉₅	μ	σ	Mín. P ₅	Máx. P ₉₅
Altura do ombro	547,6	77,6	330	682	517,3	58,5	389,8	619
Altura do cotovelo	205,7	47,6	108	312	197,6	47,3	97	281
Altura popliteal	427,8	66,9	342,8	592,8	356,2	54,9	309,3	556,5
Comprimento nádega- popliteal	490,6	82,9	348,3	629	501,9	62,4	367	571
Largura do ombro bideltoide	496,5	62,5	362	611	480,5	71,7	342,8	632
Largura do ombro biacromial	385,8	30,8	306	439	336,6	34,6	269	418
Largura de quadril	301,2	64	190	469	313,6	66,8	216	437,6
Largura cotovelo a cotovelo	481	91,5	334	720	470	84,7	364	593

Fonte: elaborado pela autora a partir de dados da literatura (ADNAN; DAWAL, 2019; DAS; KOZEY, 1999; GOSWAMI; GANGULI; CHATTERJEE, 1987; JAROSZ, 1996; PAQUET; FEATHERS, 2004).

Tabela 13 – Levantamento das dimensões encontradas de produtos comerciais

Grandeza	μ	σ	P_5	P_{95}	Valor recomendado pelas normas
Largura do vaso sanitário	379,4	22,7	354	411	375
Altura do vaso sanitário	400	13,7	380	435	430 – 450
Largura das portas	717,4	106,6	600	920	800

Fonte: elaborado pela autora.

Combinando tais dados, foi possível traçar as correspondências entre as dimensões pesquisadas e os parâmetros de projeto representados, selecionando valores apropriados, como descrito na Tabela 14.

Tabela 14 – Valores dos parâmetros de projeto utilizados na cadeira de banho

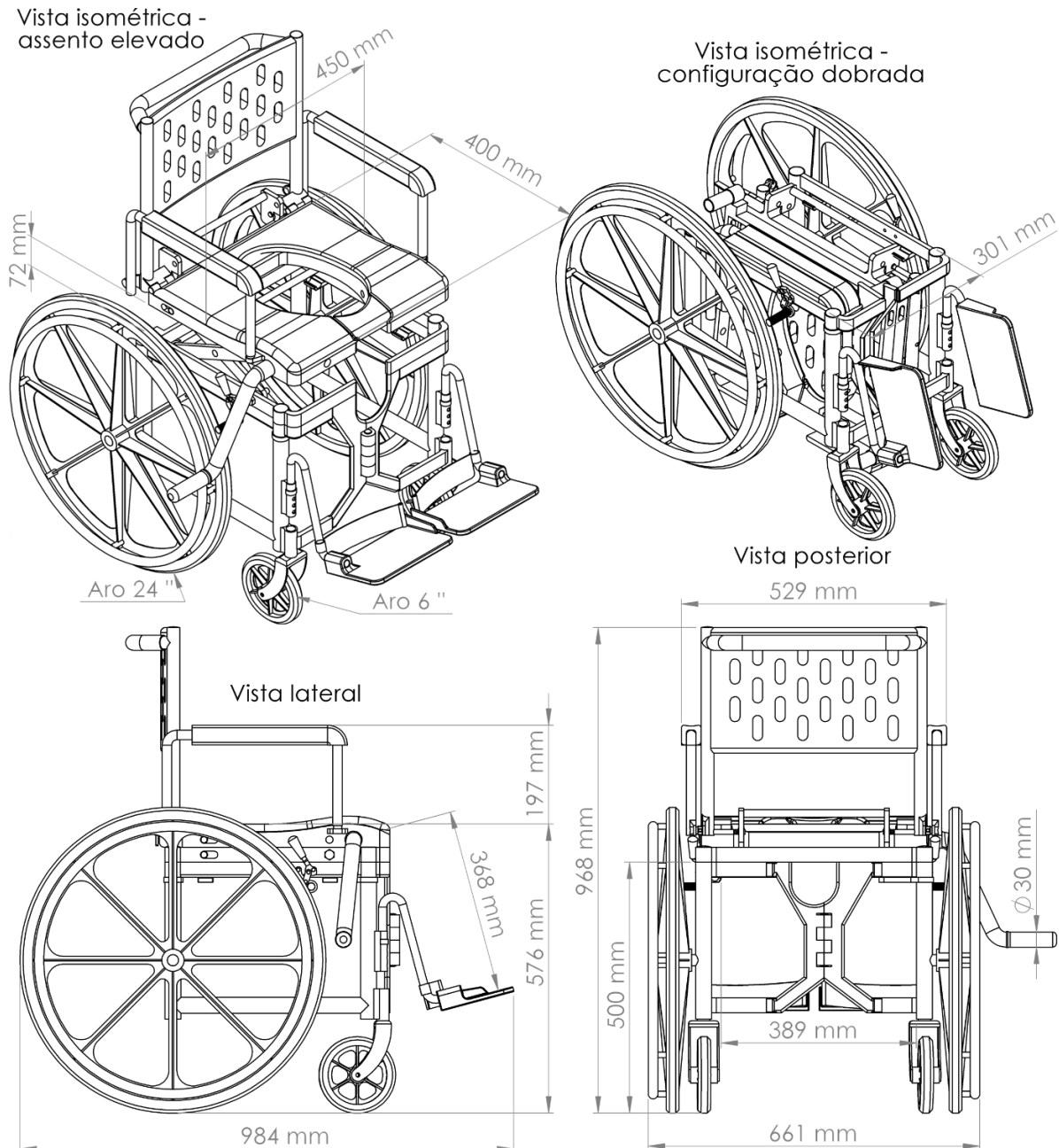
Grandeza na cadeira	Valor recomendado	Valor escolhido (mm)
Largura do assento	Largura de quadril (máximo)	450
Profundidade do assento	Comprimento nádega-poplíteal (mínimo + folga)	400
Distância do apoio de braço ao assento	Altura do cotovelo (média)	197
Separação entre apoios de braço	Largura cotovelo a cotovelo (máximo)	529
Distância mínima do assento ao apoio para os pés	Altura poplíteal (mínimo)	368
Largura máxima da cadeira	\leq Largura das portas	661
Largura mínima da cadeira	\geq Largura do vaso sanitário	389
Altura da superfície horizontal mais baixa	\geq Altura do vaso sanitário	500
Diâmetro da manivela	Diâmetro de empunhadura (mínimo)	30

Fonte: elaborado pela autora, com base em Mondelo et al. (2004) e ABNT (2019, 2021).

Os parâmetros de projeto e suas medidas, previamente descritas na Tabela 14, encontram-se esquematizados na Figura 39. Dimensões adicionais também podem ser observadas na figura, para as configurações padrão de uso, dobrada e com o

assento na posição mais elevada. As demais funcionalidades da cadeira serão descritas em maiores detalhes nas seções subsequentes.

Figura 39 – Dimensões gerais adotadas para a cadeira de banho



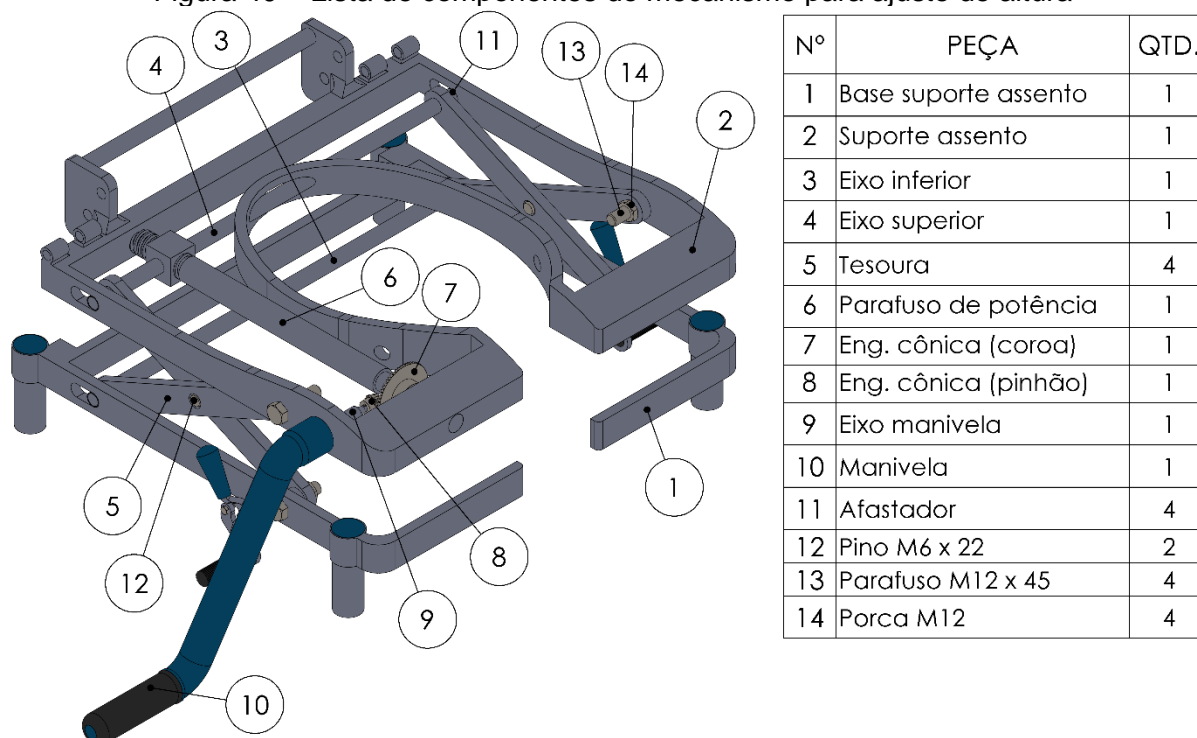
As imagens na metade superior da figura referem-se à posição de altura máxima do assento e à configuração compacta, enquanto que as duas imagens na parte inferior são referentes à configuração mais comum de uso. Fonte: elaborado pela autora.

4.7.2 Módulo de elevação

Como previamente mencionado, um mecanismo característico de elevador pantográfico foi adotado em cada uma das laterais da cadeira para alterar a distância

do assento ao chão, de forma a facilitar transferências e permitir a utilização sobre diferentes tamanhos de vaso sanitário. Esse mecanismo é composto por uma configuração em “X” e encontra-se apresentado na Figura 40, com o assento removido da montagem para melhor visualização das partes internas. Dois eixos foram utilizados na parte posterior para conectar as laterais da estrutura.

Figura 40 – Lista de componentes do mecanismo para ajuste de altura



Fonte: elaborado pela autora.

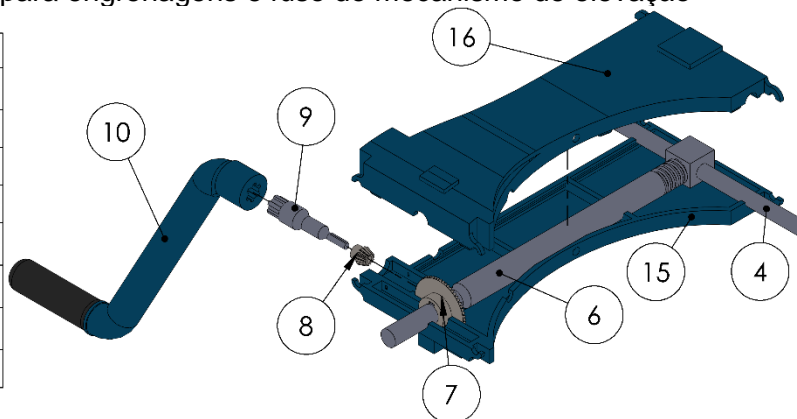
O eixo superior possui uma porca, acoplada a um parafuso de potência através do qual ocorre o acionamento do mecanismo. Como o parafuso está fixo na posição horizontal, impossibilitado de transladar, sua rotação provoca o deslocamento da porca – e conseqüentemente do eixo superior inteiro – para a frente ou para trás. Essa translação modifica o ângulo entre a tesoura e a horizontal, fazendo com que o eixo inferior também realize o movimento e alterando a distância do suporte do assento à sua base. Furos oblongos no suporte do assento e em sua base limitam a amplitude de movimento dos eixos.

É possível observar pela Figura 40 que o parafuso de potência compreende toda a extensão anteroposterior do assento. Portanto, nessa configuração original, sua rotação precisa ocorrer pela parte frontal da cadeira, o que pode ser um pouco inconveniente para o usuário. Para contornar essa situação, foi utilizado um par de

engrenagens cônicas, proporcionando uma mudança de eixo para que a manivela de acionamento possa ser posicionada na lateral mais próxima. Dessa forma, quando o usuário gira a manivela no sentido anti-horário, o pinhão a ela acoplado acompanha o movimento, rotacionando a coroa – e conseqüentemente o parafuso de potência – e elevando o assento. O encosto e os apoios para os braços são elevados concomitantemente. O cálculo estrutural do mecanismo de elevação está apresentado no Apêndice H, envolvendo dimensionamento de eixos, pinos, parafuso de potência e engrenagens. Como ilustrado na Figura 41, uma tampa foi projetada para proteger os componentes de ação externa, impedir translação das engrenagens, proporcionar maior estabilidade aos eixos e fixar a manivela ao conjunto elevatório, de forma que ela acompanhe o movimento. Esse envoltório é composto por duas partes, unidas por meio de engates rápidos, e é fixo ao suporte do assento (peça número 2 da Figura 40) por meio de parafusos.

Figura 41 – Envoltório para engrenagens e fuso do mecanismo de elevação

Nº	PEÇA	QTD.
4	Eixo superior	1
6	Parafuso de potência	1
7	Eng. cônica (coroa)	1
8	Eng. cônica (pinhão)	1
9	Eixo manivela	1
10	Manivela	1
15	Envoltório base	1
16	Envoltório topo	1



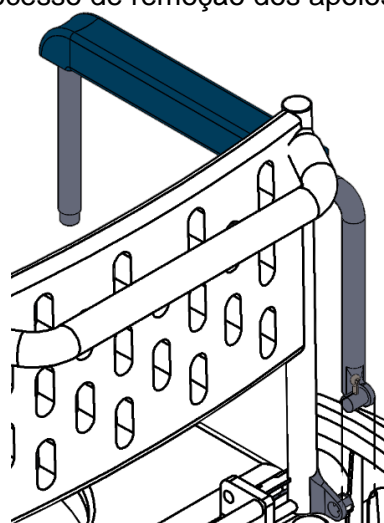
Os números das peças seguem a mesma seqüência em todas as imagens. Fonte: elaborado pela autora.

4.7.3 Módulo de portabilidade

A compactação da cadeira de banho foi idealizada em cinco etapas, a serem detalhadas a seguir. Para facilitar a visualização, em todas as imagens os componentes de interesse estão representados de forma colorida, enquanto que as demais partes da cadeira estão em preto e branco.

Inicialmente, deve-se remover os apoios de braço. Para tal, é preciso retirar o contrapino de fixação e desencaixar os apoios de seus respectivos suportes na estrutura do encosto, como ilustrado na Figura 42.

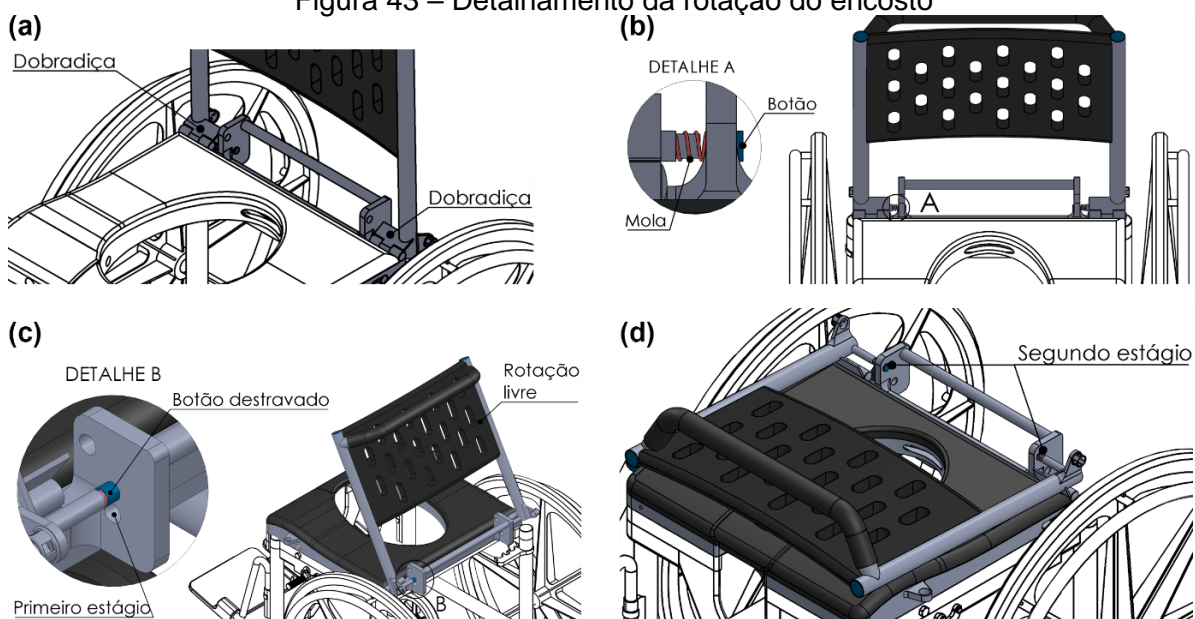
Figura 42 – Processo de remoção dos apoios para os braços



Fonte: elaborado pela autora.

O próximo passo consiste em rotacionar o encosto em relação ao assento. Um mecanismo de dobradiça foi adicionado entre o suporte do assento e o encosto, como é possível observar na Figura 43a. Conforme detalhado na Figura 43b, a rotação livre é originalmente impedida por dois botões (um para cada lado) acoplados a molas, que fixam o encosto na posição padrão de uso (90° em relação ao assento). Dessa forma, ao pressionar os botões, o encosto é destravado, podendo sair da posição inicial (Figura 43c). É possível então girá-lo livremente em direção ao assento, até que o outro estágio pré-definido pela trava seja alcançado, quando as molas forçam o retorno dos botões (Figura 43d).

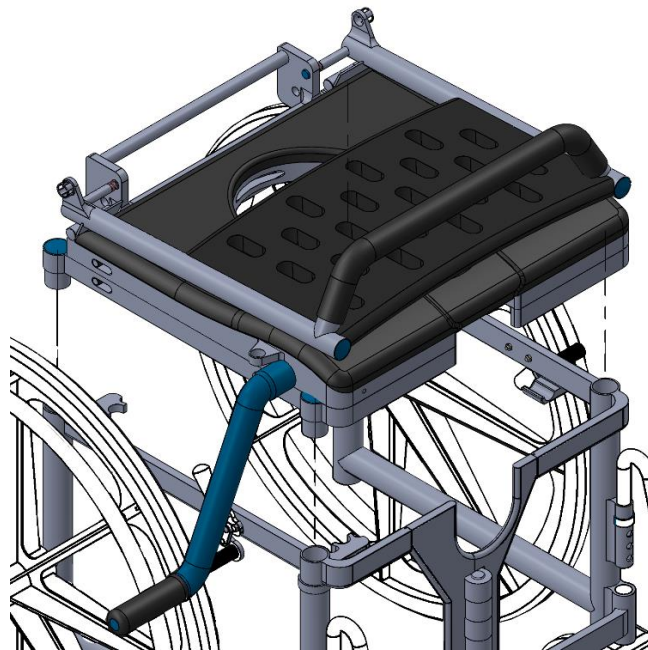
Figura 43 – Detalhamento da rotação do encosto



Fonte: elaborado pela autora.

Em seguida, com essa nova configuração apropriadamente travada, o conjunto encosto-assento pode ser removido da estrutura, desencaixando-o dos quatro apoios tubulares correspondentes, como representado na Figura 44. Compartimentos específicos foram adicionados às laterais da cadeira, de forma que tanto os apoios para os braços (Figura 45a) quanto o conjunto encosto-assento (Figura 45b) possam ser armazenados nos locais apropriados.

Figura 44 – Remoção do conjunto encosto-assento

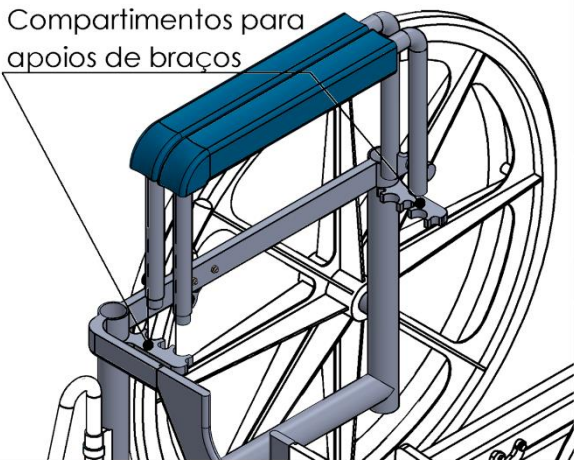


Fonte: elaborado pela autora.

Figura 45 – Compartimentos em gancho para armazenamento dos componentes

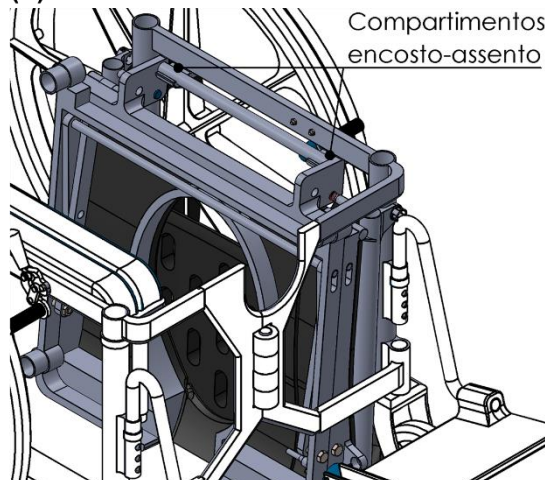
(a)

Compartimentos para apoios de braços



(b)

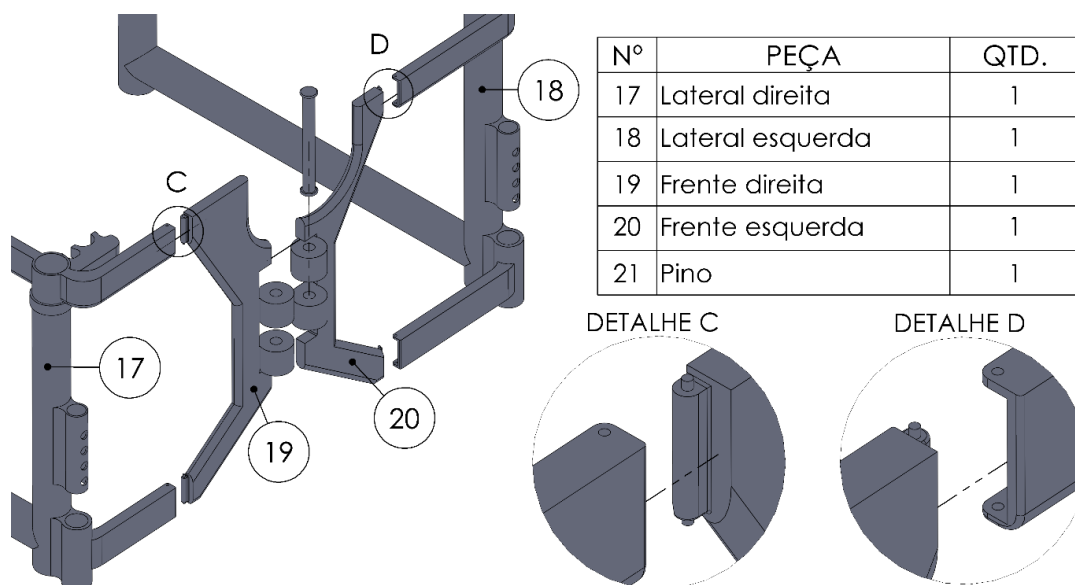
Compartimentos encosto-assento



Fonte: elaborado pela autora.

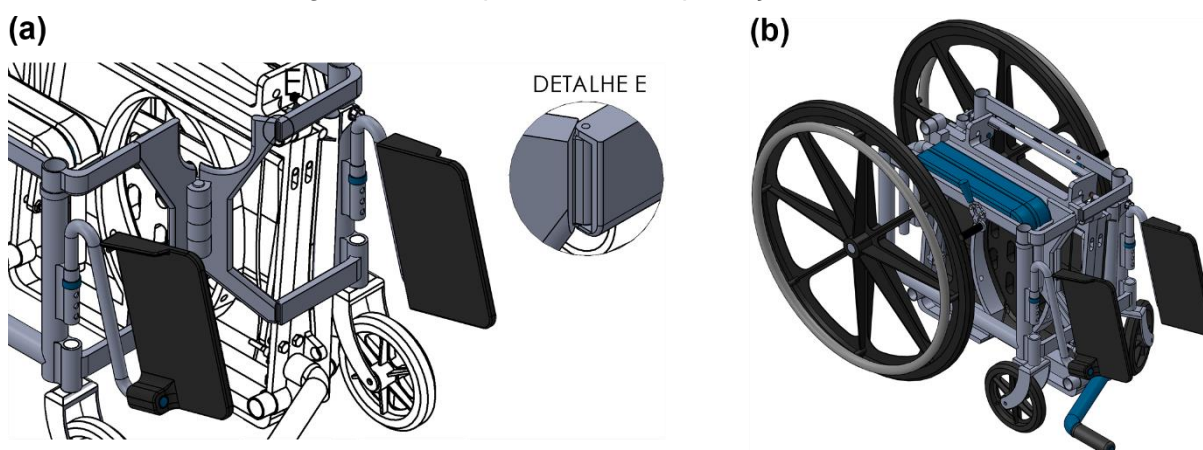
Por fim, um mecanismo de dobradiça localizado na região frontal da cadeira, detalhado na Figura 46, é o responsável pela etapa final de compactação. Os apoios para os pés podem ser recolhidos e as laterais da estrutura podem ser aproximadas entre si (Figura 47a), chegando à configuração final apresentada na Figura 47b.

Figura 46 – Lista de componentes do mecanismo para compactação da estrutura



Os lados dos componentes (direito ou esquerdo) fazem referência ao lado correspondente do usuário quando este se encontra sentado na cadeira. Fonte: elaborado pela autora.

Figura 47 – Etapa final de compactação da cadeira



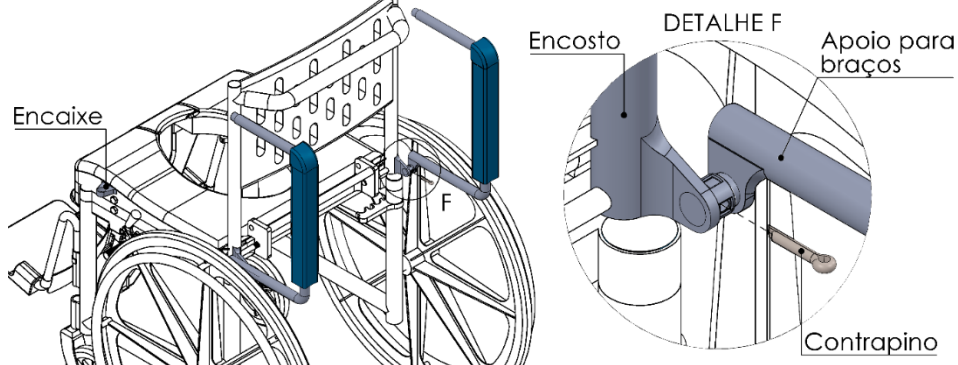
Fonte: elaborado pela autora.

4.7.4 Módulo de ajustes

Como previamente mencionado na primeira etapa de compactação da cadeira, os apoios para os braços são encaixados no encosto e podem ser removidos da estrutura, sendo travados em sua posição de uso por meio de contrapinos. Tais apoios

também são escamoteáveis, permitindo a rotação até 90° a partir do ponto inicial, de forma a facilitar transferências. Conforme esquematizado na Figura 48, para realizar esse movimento, é necessário remover os contrapinos, retirar os apoios de seus respectivos encaixes junto ao suporte do assento, efetuar a rotação livre e por fim reposicionar os contrapinos para travamento.

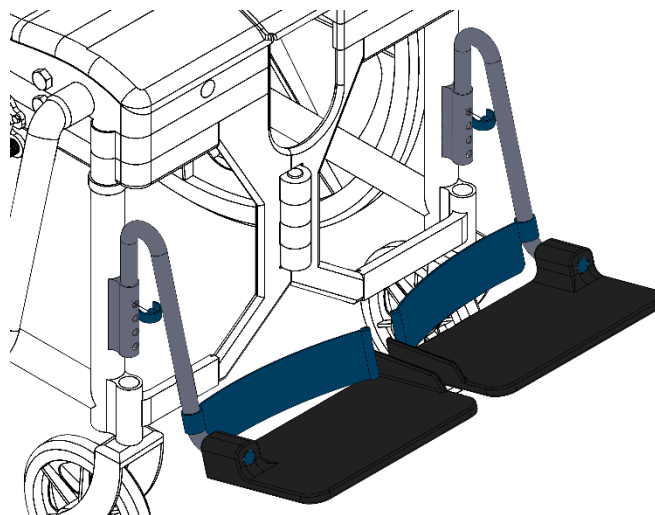
Figura 48 – Processo para escamotear os apoios para os braços



Fonte: elaborado pela autora.

Os apoios para os pés podem ser observados na Figura 49. Abas laterais foram adicionadas para evitar escorregamento dos pés para a região entre apoios. Alças também foram utilizadas para proporcionar maior suporte ao calcanhar. Esse apoio tem altura ajustável por meio de um pino, de forma que, para regular a posição, é preciso remover o pino, deslizar o apoio até o local desejado e recolocar o pino para travamento. Também pode ser completamente removido, caso o usuário opte por não o utilizar.

Figura 49 – Detalhes de ajustes dos apoios para os pés



Fonte: elaborado pela autora.

4.8 APRESENTAÇÃO DO MODELO VIRTUAL AOS USUÁRIOS

Como previamente mencionado, cinco dos usuários participantes (P1, P4, P7, P9 e P11), classificados como MIF 6 para a atividade do banho, foram apresentados à primeira versão do modelo virtual idealizado para a cadeira. Em sua maioria, os indivíduos mostraram-se ávidos por compartilhar suas experiências pessoais, sugerir melhorias e expressar como as soluções adotadas impactariam em suas rotinas. De maneira geral, o retorno obtido foi positivo, com destaque para a identificação de alguns aspectos a serem aprimorados.

Para o ajuste de altura, por exemplo, inicialmente havia a preocupação, por parte da equipe de projeto, de que um acionamento por manivela fosse de difícil execução pelos usuários, uma vez que requer movimento rotativo. No entanto, essa queixa não surgiu durante as discussões. A participante P4 afirmou: “para mim é fácil [realizar o movimento] e é uma ideia excelente. Nunca tinha pensado que poderia criar uma coisa assim.” Já o participante P7 levantou um questionamento acerca da estabilidade da cadeira, uma vez que o centro de gravidade é ligeiramente deslocado para cima. Embora a faixa de elevação seja pequena, fazendo com que tal deslocamento do eixo neutro provavelmente não seja significativo, estudos futuros devem incluir uma análise de estabilidade estrutural da cadeira no cenário mais crítico.

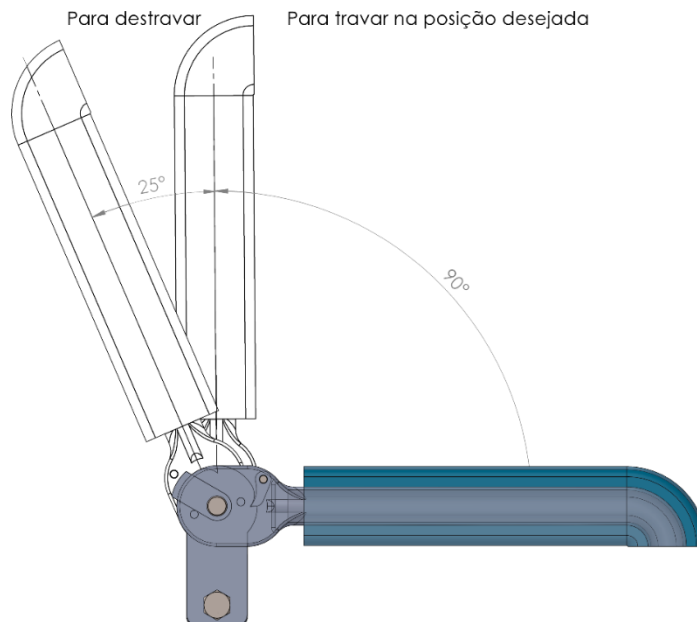
Com relação ao processo de compactação da cadeira, o participante P7 mostrou-se preocupado com a possibilidade de acúmulo de água nas dobras, questão que pode ser minimizada por meio da seleção apropriada do material constituinte da estrutura. Espontaneamente levantado, foi unânime o desejo de que as rodas traseiras fossem removíveis, aspecto que foi atendido por meio da adoção de eixos do tipo liberação rápida (*quick-release*).

O principal ponto discutido foi relativo aos apoios para os braços. Os participantes demonstraram preocupação com o travamento por contrapino, expressando que poderia ser de difícil manuseio para indivíduos com dificuldades em executar movimentos que envolvam habilidades motoras finas. Além disso, foi mencionado que é necessário escamotear os apoios não somente para realizar transferências, mas também ao longo da atividade do banho, aspecto que também seria dificultado pela solução inicialmente idealizada. O posicionamento do contrapino na parte traseira da cadeira e a presença de água e sabão, inerentes ao ambiente em questão, são fatores que aumentam o grau de complexidade associado à rotação dos

apoios. Após tais constatações, optou-se por modificar os apoios para os braços. Um conjunto catraca-lingueta foi adotado para cada apoio, fixo ao encosto por meio de parafuso e semelhante aos comumente observados em encostos reclináveis de poltronas e sofás.

Para a situação de interesse, foi avaliado que apenas dois estágios seriam necessários para a rotação dos apoios de braço, referentes às posições de uso (90°) e de recolhimento (0°). Como ilustrado na Figura 50, o travamento é automático pela ação da gravidade, de forma que a lingueta “cai” na posição do dente. Para destravar, é preciso rotacionar o apoio um pouco mais além.

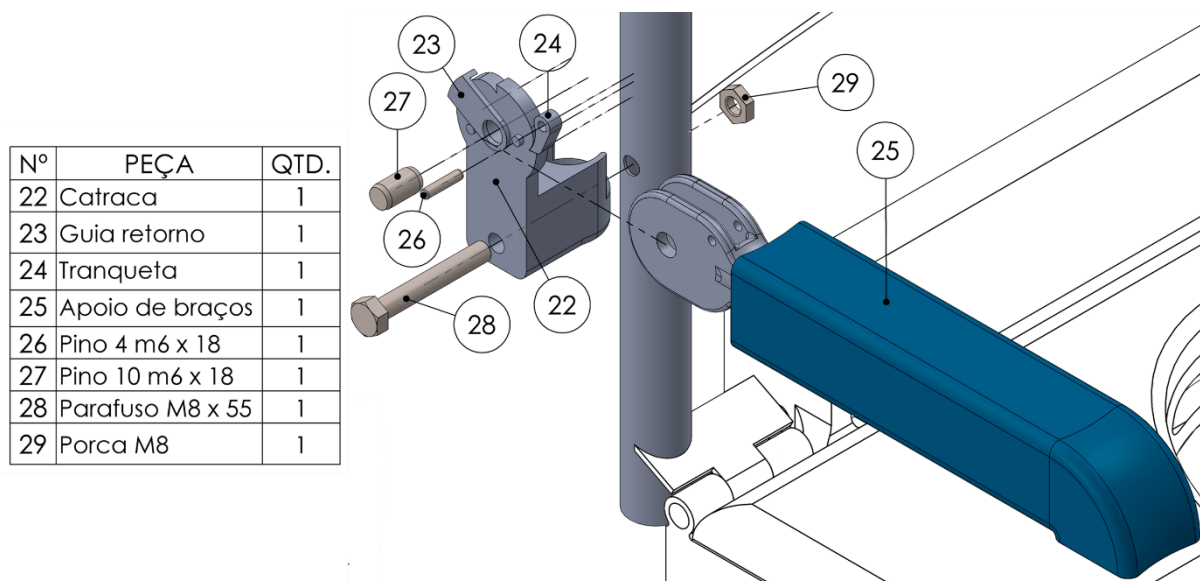
Figura 50 – Estágios do posicionamento dos apoios para os braços



Fonte: elaborado pela autora.

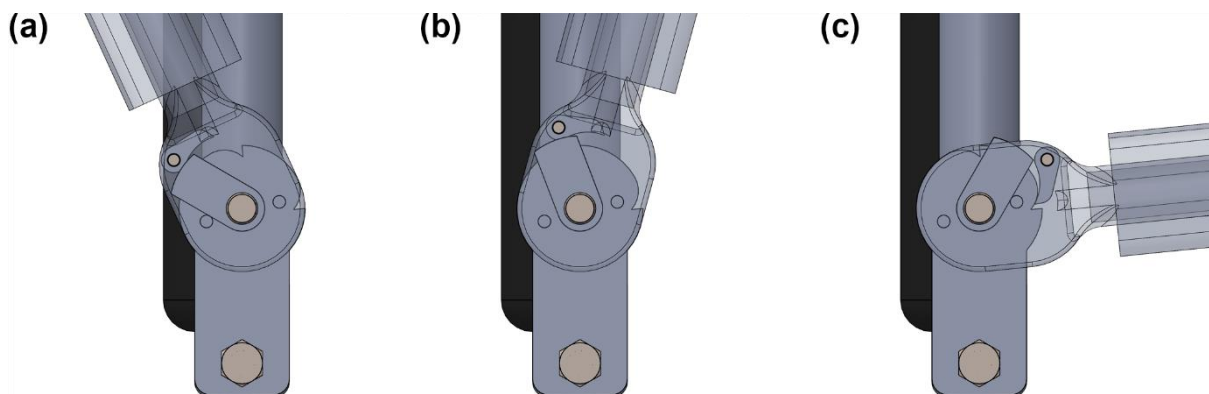
Conforme esquematizado na Figura 51, há uma guia, concêntrica à catraca, responsável pelo retorno da lingueta. O movimento dessa guia é limitado pelas duas saliências circulares presentes na catraca. Portanto, quando o apoio é conduzido até a posição para destravar, a lingueta é ligeiramente elevada e adere à guia (Figura 52a), de forma que ambos os componentes acompanham o movimento de retorno à posição de uso (Figura 52b). Uma vez que a guia alcança a próxima saliência da catraca, ela permanece nessa posição e a lingueta é liberada (Figura 52c), podendo alcançar o dente e travando o apoio a 90° em relação ao encosto.

Figura 51 – Vista explodida e peças da nova versão para os apoios de braços



As quantidades descritas referem-se apenas a um apoio. Fonte: elaborado pela autora.

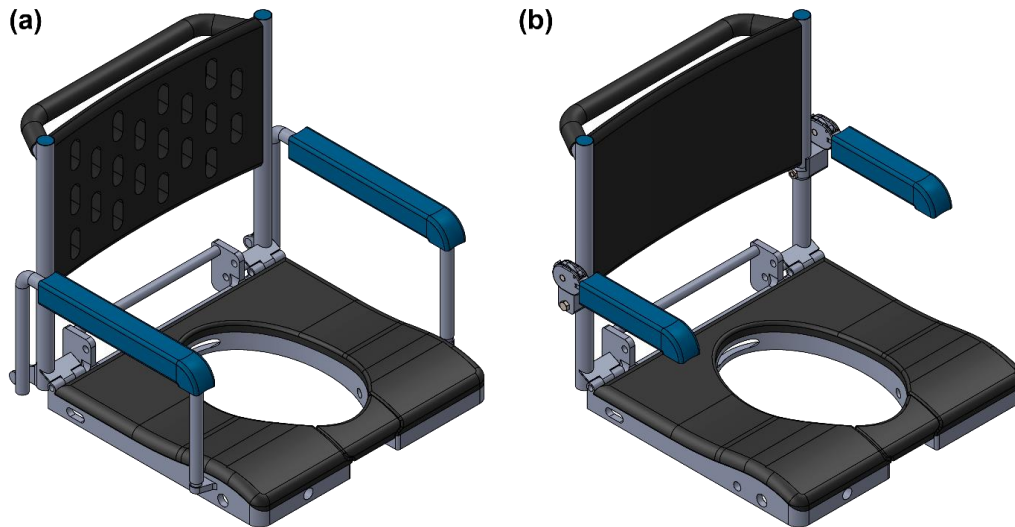
Figura 52 – Movimento da lingueta e da guia durante o retorno do apoio



Nessas imagens, uma transparência foi colocada ao apoio para os braços para facilitar a visualização dos componentes internos. Fonte: elaborado pela autora.

A Figura 53 ilustra os apoios para os braços iniciais (a) e com a nova configuração (b). Julgou-se desnecessário que a segunda versão fosse removível, uma vez que para a compactação atualizada exige apenas que os apoios sejam recolhidos para a posição de 0° em relação ao encosto. Portanto, o compartimento inicialmente acoplado à lateral direita da estrutura para armazenamento dos apoios para os braços (Figura 45) não se faz mais necessário e foi excluído da nova versão. O padrão de furos oblongos inicialmente adotado no encosto também foi removido, pois foi considerado irrelevante pelos usuários participantes.

Figura 53 – Comparação entre as diferentes versões do apoio para os braços



Fonte: elaborado pela autora.

Embora os apoios para os pés também sejam regulados por pinos, não houve nenhuma queixa entre os participantes com relação a tal componente, motivo pelo qual a forma de ajuste inicial foi mantida. Essa aparente discrepância pode possivelmente ser explicada pelo fato de que a regulagem do apoio para os pés é realizada esporadicamente, enquanto que a rotação do apoio para os braços é frequente e, portanto, mais crítica. A participante P4 afirmou que as abas laterais e a alça para o calcanhar solucionam o problema de escorregamento para o espaço entre apoios: “Ficou ótimo. Acho que minha maior dificuldade hoje é colocar o pé, tenho que ficar segurando, então vai atender a essa necessidade.” Também foi sugerido pelos usuários o emprego de um material antiderrapante na superfície em contato com os pés, semelhante às fitas de segurança utilizadas em escadas.

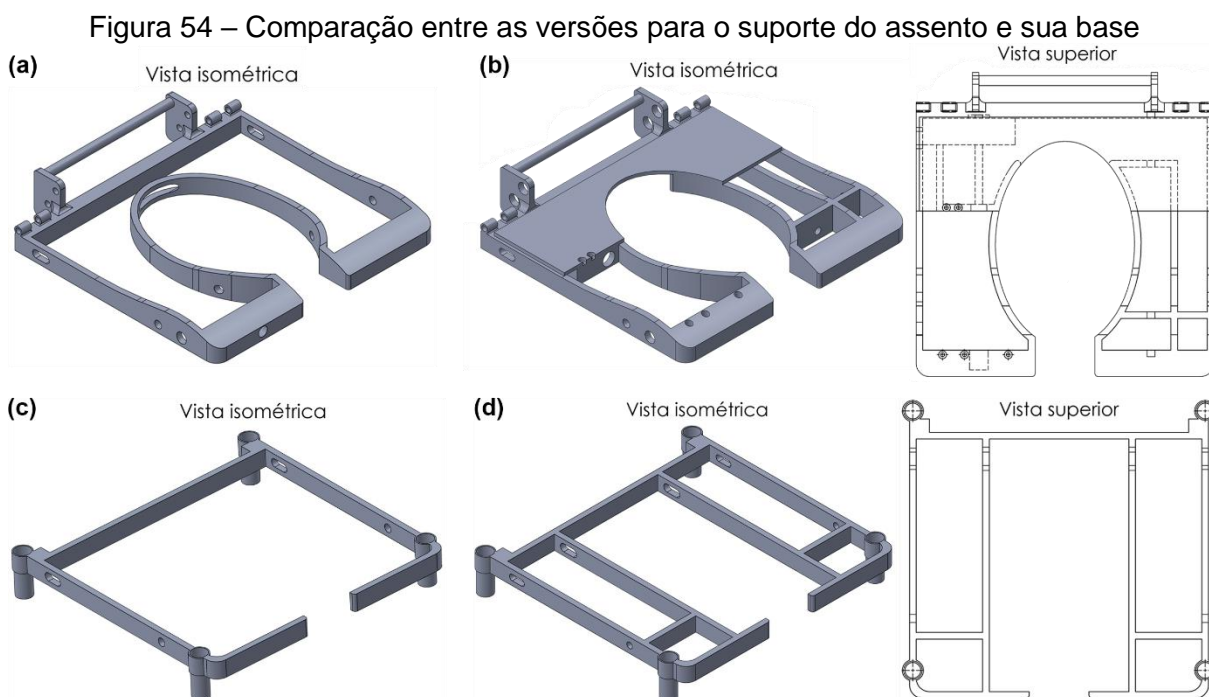
Um aspecto que não havia sido inicialmente previsto no roteiro da discussão, mas que foi espontaneamente levantado em um dos grupos foi a criação de saliências no aro de propulsão, que pode ficar escorregadio quando molhado. Nesse sentido, já foram propostas soluções para aros de propulsão baseados em conceitos de antropometria e ergonomia (MEDOLA et al., 2012), motivo pelo qual tal fator não foi investigado em maiores detalhes no presente trabalho.

4.9 O PROTÓTIPO FÍSICO EM ESCALA REDUZIDA

Ao longo da manufatura do protótipo, algumas limitações foram observadas e avaliadas pela equipe de projeto como inerentes às escolhas realizadas para

processos de fabricação e materiais. Tais limitações, como a aparente instabilidade de alguns componentes, são incontornáveis e foram apresentadas como tal para os profissionais de saúde participantes. No entanto, para além das simplificações adotadas, erros de projeto foram identificados e solucionados.

O primeiro deles, mais crítico, consistiu na elevação unilateral do assento durante o ajuste de altura. Apenas o lado onde o parafuso de potência se fez presente (direito) realizava a elevação, de forma que a outra lateral (esquerda) permanecia na posição original. Para contornar esse problema, inicialmente as geometrias do suporte do assento e de sua base foram ligeiramente modificadas, através da adoção de enrijecedores transversais e longitudinais, para proporcionar maior estabilidade estrutural, como apresentado na Figura 54.

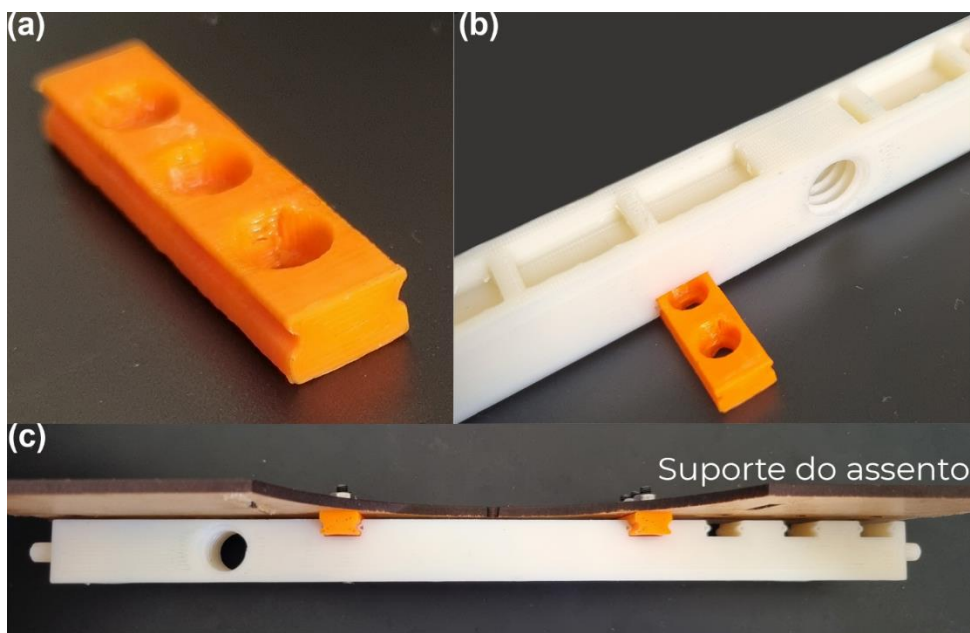


É possível observar o modelo virtual referente ao suporte do assento (a) antes e (b) após as modificações para maior estabilidade. Similarmente, também está representada a base de tal suporte (c) antes e (d) após o emprego dos enrijecedores. Fonte: elaborado pela autora.

Em seguida, observou-se que seria necessária uma limitação ao movimento do eixo superior, forçando-o a seguir uma trajetória pré-estabelecida, de forma que, ao aplicar uma força horizontal em certo ponto do componente, a totalidade da peça realizasse a translação. Nesse sentido, a folga adotada para impressão da rosca interna do eixo foi reduzida e uma guia linear foi utilizada para restringir a movimentação. Consultando o catálogo da empresa Kalatec, a guia em miniatura

MGN9C foi selecionada para o protótipo. O modelo virtual correspondente, disponibilizado pelo fabricante, foi ligeiramente modificado, e duas guias foram fabricadas por manufatura aditiva em ABS (Figura 55a). O eixo superior foi impresso novamente, com o perfil dos patins embutido em sua geometria (Figura 55b) e repetido cinco vezes, para verificar se alguma posição proporcionava maior suavidade na movimentação. As guias foram fixadas ao topo do suporte do assento por meio de parafusos Allen, conforme a configuração apresentada na Figura 55c.

Figura 55 – Montagem do eixo superior com guia linear impressa em 3D

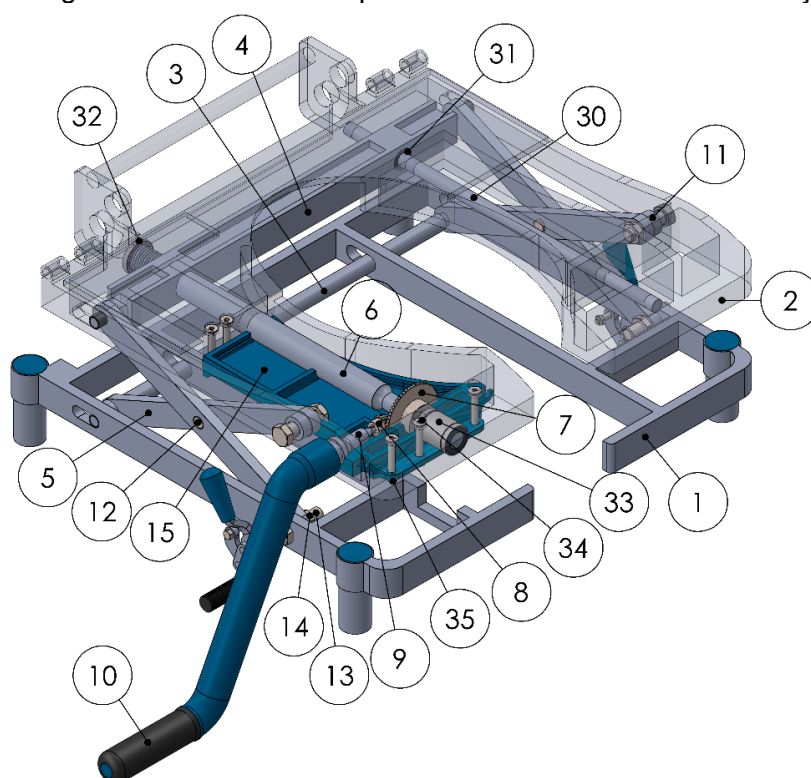


Fonte: elaborado pela autora.

Os testes realizados com as guias lineares mostraram que o deslizamento entre as peças impressas foi prejudicado pela ocorrência de atrito excessivo, mesmo após o aprimoramento do acabamento superficial proporcionado pelo banho em vapor de acetona. Portanto, buscando ainda solucionar o problema da elevação, optou-se por adquirir comercialmente um rolamento linear LM6UU e o respectivo eixo temperado e cromado de 6mm × 200mm. Para utilização apropriada desses componentes, o eixo superior foi novamente modificado, de forma a conter um furo para acomodar o rolamento. No entanto, com essa nova configuração, observou-se a ocorrência de flambagem no componente em ABS, de forma que a elevação unilateral persistiu. Visando minimizar tal fenômeno, as seguintes estratégias foram adotadas para o componente rosqueado: I) a seção transversal (inicialmente circular e em seguida quadrada) foi modificada para um formato em “I” com enrijecedores transversais, mais

resistente à flexão; II) saliências foram adicionadas para passagem de um eixo que se estende ao longo do comprimento da peça, de uma lateral à outra; III) aumentou-se o preenchimento da peça de 50% para 80%; e IV) o filamento utilizado na impressão foi trocado de ABS para PLA, que apresenta maior resistência à flexão, suporta maior carga estática e é menos dúctil. A Figura 56 detalha as partes que compõem a nova versão do mecanismo de ajuste de altura, enquanto que a Figura 57 apresenta a configuração final adotada para o suporte do assento no protótipo.

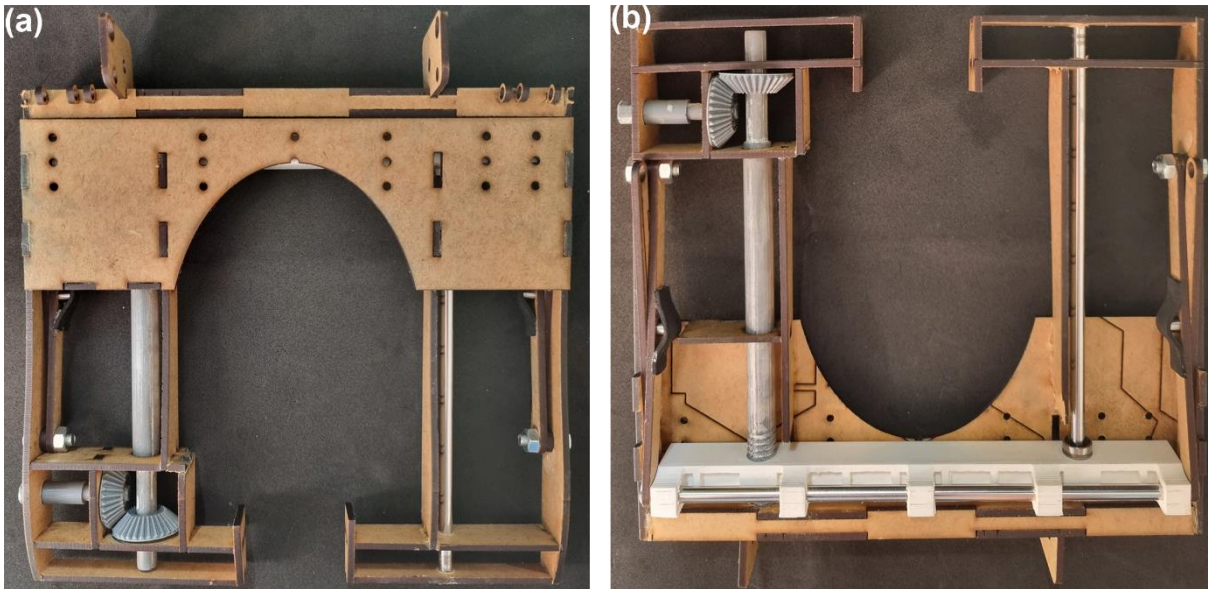
Figura 56 – Lista de componentes do mecanismo de elevação atualizado



Nº	PEÇA	QTD.	Nº	PEÇA	QTD.
1	Base suporte assento	1	12	Pino 12 m6 x 22	2
2	Suporte assento	1	13	Parafuso M12 x 40	4
3	Eixo inferior	1	14	Porca M12	4
4	Eixo superior	1	15	Envoltório base	1
5	Tesoura	4	16	Envoltório topo	1
6	Parafuso de potência	1	30	Eixo temperado	1
7	Eng. cônica (coroa)	1	31	Rolamento LM12UU	1
8	Eng. cônica (pinhão)	1	32	Rolamento vedado SKF 61705	1
9	Eixo manivela	1	33	Rolamento LM16UU	1
10	Manivela	1	34	Parafuso Allen M6 x 45	5
11	Afastador	4	35	Porca M6	5

O assento e o topo do envoltório protetor foram removidos da imagem para melhor visualização. Com o mesmo objetivo, uma transparência foi aplicada ao suporte do assento. Fonte: elaborado pela autora.

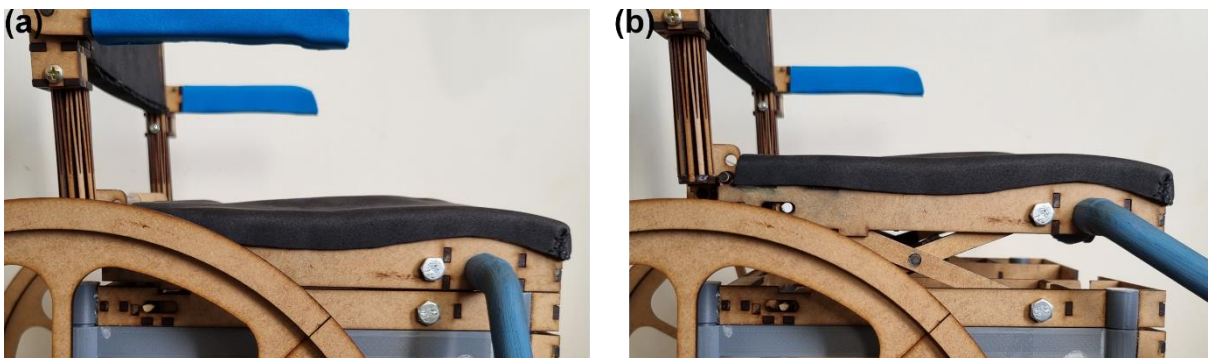
Figura 57 – Montagem do suporte do assento e seus componentes internos



As imagens representam as vistas (a) superior e (b) inferior do sistema. Fonte: elaborado pela autora.

Mesmo com o rolamento comercial, os testes realizados não foram caracterizados por movimentos suaves e por vezes apresentaram um desbalanceamento na altura do assento entre uma lateral e outra. No entanto, tal fenômeno foi considerado uma limitação inerente aos materiais utilizados para fabricação do protótipo, de forma que se optou por não realizar outras alterações no projeto. O sistema de fato mostrou-se autotravante em qualquer posição. A montagem completa do subconjunto de elevação no protótipo pode ser observada na figura a seguir, para as configurações de altura mínima (Figura 58a) e máxima (Figura 58b).

Figura 58 – Montagem do módulo de elevação do protótipo

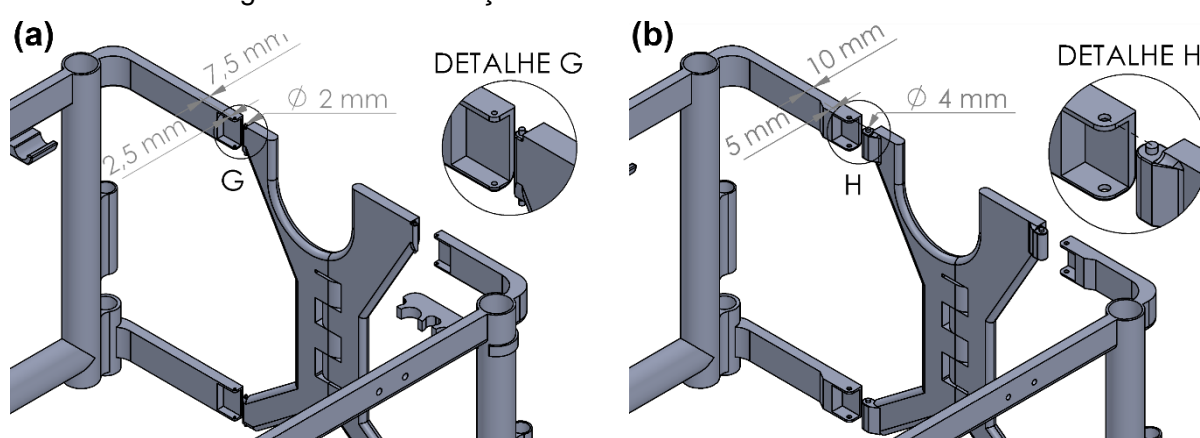


Fonte: elaborado pela autora.

O outro desvio que não havia sido detectado durante o desenvolvimento do modelo virtual consistiu na falha recorrente de um componente do mecanismo

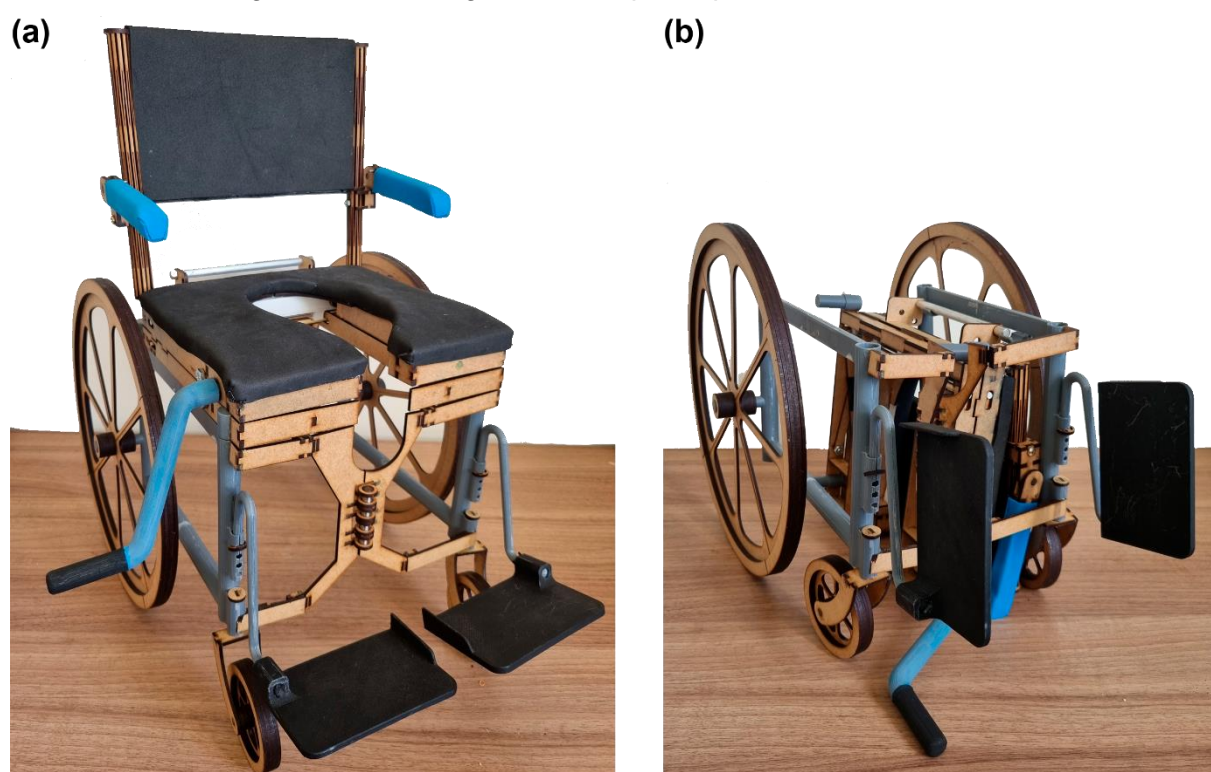
responsável pela dobra da estrutura, localizado próximo aos pinos que conectam a parte frontal às laterais da cadeira. Embora tal ocorrência também possa ter sido consequência da utilização de MDF, mais frágil que um componente correspondente de alumínio, optou-se pela modificação do componente através do emprego de um reforço localizado. A Figura 59 compara essa região crítica antes e após a mudança, vista no modelo virtual. A montagem completa da cadeira, após essa modificação, pode ser observada na Figura 60 para as configurações de uso (a) e compacta (b).

Figura 59 – Modificação no mecanismo de dobra da estrutura



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 60 – Montagem final do protótipo em escala reduzida



Fonte: elaborado pela autora.

A adoção de processos de fabricação e materiais mais simples e de baixo custo para a construção do protótipo possibilitou uma maior rotatividade do ciclo projetar – testar – aprender, permitindo um número maior de iterações em um intervalo menor de tempo, em comparação à fabricação de um protótipo funcional de alta fidelidade. Apesar de não ter sido conduzida em escala real, a manufatura do protótipo também possibilitou a obtenção de uma noção mais clara acerca das proporções entre as diferentes partes da cadeira de banho e de como os componentes interagem com o ambiente. Nesse sentido, observou-se que os botões utilizados para travamento do encosto estavam muito pequenos, de forma que, mesmo em uma versão duas vezes maior, teriam um acionamento difícil. Portanto, o diâmetro dos botões foi alterado de 10 mm para 20 mm.

4.10 APRESENTAÇÃO AOS PROFISSIONAIS DE SAÚDE

Embora seu objetivo primário tenha sido a identificação de melhorias técnicas a necessárias, o protótipo simplificado desenvolvido também foi apresentado, em conjunto com o modelo virtual atualizado, a três profissionais de saúde para obtenção de retorno, conforme previamente mencionado na seção 3.9.

Quanto ao protótipo em si, todos os profissionais de saúde participantes já haviam ouvido falar sobre e tido contato prévio com os processos de fabricação adotados para manufatura do protótipo. Foi unânime a opinião de que tais técnicas empregadas e os materiais associados foram adequados para a demonstração e o entendimento das funcionalidades do equipamento. Quando questionados acerca das sensações proporcionadas pelo manuseio do protótipo, os participantes mencionaram curiosidade, motivação e maior facilidade em compreender, sugerir melhorias e sanar dúvidas. De maneira geral, a experiência foi avaliada como indispensável por um dos participantes e esclarecedora pelos demais.

Com relação à avaliação do conceito proposto, a Tabela 15 apresenta as notas de cada profissional de saúde participante relativas a quanto cada requisito foi contemplado pelo projeto, sendo 0 não contemplado e 10 totalmente contemplado. É possível observar que o requisito de portabilidade foi o que apresentou menor soma das pontuações, o que provavelmente decorre dos fatos de que são muitas etapas associadas à compactação e o volume final ainda é relativamente elevado, aspectos que foram levantados durante a conversa presencial em grupo.

Tabela 15 – Visão dos profissionais de saúde sobre quanto os requisitos foram atendidos

Requisitos	Quão contemplados foram (0 – 10)		
	A1	A2	A3
Autopropulsão	10	8	9
Portabilidade	8	8	8
Ajuste de altura	9	9	9
Utilização sobre o vaso sanitário	10	10	10
Apoio para os braços escamoteável	9	7	10
Apoio para os pés removível e ajustável	10	7	10

Fonte: elaborado pela autora.

O questionário de avaliação também continha uma pergunta referente a grau de concordância com algumas afirmativas, segundo uma escala de 1 a 5, similarmente ao que foi conduzido junto aos usuários. Segundo os resultados apresentados na Tabela 16, é possível observar que os três profissionais de saúde participantes concordaram totalmente com as afirmativas de que o conceito elaborado poderia melhorar a qualidade de vida do usuário e facilitar a atividade do banho. Além disso, também foram unânimes a constatação de que as funcionalidades propostas apresentam grau de inovação e a predisposição dos avaliadores em recomendar a cadeira de banho.

Tabela 16 – Níveis de concordância com afirmações sobre o conceito da cadeira

Afirmativas	Graus de concordância (1 – 5)		
	A1	A2	A3
Poderia beneficiar/melhorar a qualidade de vida	5	5	5
Poderia facilitar a atividade do banho	5	5	5
Poderia facilitar as transferências	4	5	4
As funcionalidades são fáceis de aprender	4	5	4
Seria de fácil utilização e ajuste	4	4	4
É adaptável a diferentes espaços físicos	4	4	4
As funcionalidades apresentam inovação	5	5	5
Eu recomendaria esta cadeira	5	5	5

As pontuações representam uma escala de concordância, de forma que: 1 – discordo totalmente, 2 – discordo parcialmente, 3 – nem concordo, nem discordo, 4 – concordo parcialmente e 5 – concordo totalmente. Fonte: elaborado pela autora.

Quando questionados abertamente quanto aos principais benefícios da solução proposta, os três avaliadores mencionaram o ajuste de altura e a compactação. Já com relação às preocupações citadas, houve destaque para a forma de acionamento do mecanismo de ajuste de altura. O elevado comprimento da manivela e o grande número de voltas necessárias – adotados para reduzir o torque requerido para levantamento – geraram inquietações nos profissionais participantes quanto à probabilidade de o usuário inclinar o tronco lateralmente durante o movimento. Tal ocorrência causaria um deslocamento do centro de massa do sistema e poderia afetar a estabilidade da cadeira de banho, comprometendo a segurança do indivíduo. Análises de estabilidade futuras se fazem necessárias para investigar essa questão mais a fundo e verificar a possibilidade de mudança de acionamento. Caso o movimento de fato se mostre problemático para certo perfil de usuários, pode ser recomendado que o ajuste seja realizado com auxílio de outrem, uma vez que não configura algo a ser frequentemente efetuado. Além da preocupação com a manivela, também foi discutida a real utilidade do apoio para os braços, que talvez estivesse com um comprimento abaixo do ideal, possivelmente falhando em proporcionar uma boa superfície de contato. Tal aspecto foi investigado durante as análises estáticas por Elementos Finitos e será discutido em maiores detalhes na seção 4.12. É interessante observar que, apesar de tais questionamentos, todos os profissionais participantes concordaram totalmente com a afirmação de que recomendariam a cadeira (vide Tabela 16).

Por fim, o questionário permitiu identificação do nível de satisfação geral com o conceito proposto. Nesse sentido, as participantes A1 e A3 avaliaram estarem totalmente satisfeitas, enquanto que o participante A2 julgou-se bastante satisfeito. Resultado análogo foi observado para a opinião geral referente ao design do produto. Combinando os oito itens para os quais o nível de concordância foi avaliado (Tabela 16) com os dois itens de satisfação mencionados (geral e com o design), calculou-se para cada avaliador a média e o desvio padrão indicativos da usabilidade geral do conceito, conforme descrito por Choi e Sprigle (2011). Curiosamente, embora as atribuições das notas tenham sido realizadas de forma individual, mediante questionário eletrônico distribuído após a reunião em grupo, foram obtidos valores idênticos de média e de desvio padrão entre os três participantes, resultando em uma usabilidade geral de $4,6 \pm 0,5$. No entanto, é importante destacar que tal avaliação não é necessariamente indicativa da real usabilidade da solução final, uma vez que

semelhante investigação necessitaria de um protótipo de alta fidelidade em escala real para consideração de fatores como conforto, segurança e facilidade de uso.

4.11 SELEÇÃO DOS MATERIAIS

O procedimento adotado para escolha dos materiais possibilitou a seleção sistemática para cada componente da cadeira. Descrições detalhadas do passo a passo implementado e dos resultados intermediários obtidos estão fora do escopo deste trabalho, sendo tema de discussão do projeto de iniciação científica previamente mencionado. Para exemplificar, o Apêndice I apresenta o processo de seleção para os apoios, componentes em que comumente se observa a ocorrência de falha e que foram subsequentemente utilizados nas simulações computacionais. Esta seção apresenta brevemente as escolhas finais e suas aplicações no cenário estudado.

Para a estrutura, o suporte que a conecta ao apoio para os pés e a parte interna do apoio para os braços, buscou-se um material metálico, resistente à corrosão, leve, com valores elevados de módulo de elasticidade e tensão de escoamento, economicamente viável e disponível no mercado nacional. A liga de alumínio 6262 T9 foi selecionada para essa aplicação, por ter apresentado a melhor combinação das propriedades desejadas. Esse material é caracterizado pela adição de bismuto (Bi) a uma liga do sistema alumínio-magnésio-silício (Al-Mg-Si) e pela condução dos tratamentos térmicos de solubilização, envelhecimento artificial e trabalho a frio. Com relação aos componentes dos apoios que entrarão em contato direto com os pés e braços dos usuários, os requisitos gerais eram análogos à categoria anterior, mas de forma a abranger a classe dos materiais poliméricos. Nesse sentido, o polipropileno homopolímero reforçado com 40% em peso de fibra de vidro apresentou destaque frente às demais opções similares. Por fim, o assento almofadado foi um dos requisitos levantados para o projeto pelo grupo de usuários participantes. Dessa forma, buscou-se por espumas rígidas o suficiente para não ocasionar movimentação involuntária do usuário na cadeira ao mesmo tempo em que proporcionam conforto e não absorvem água. A espuma de polipropileno, que já é comumente utilizada em almofadas e assentos de automóveis, foi selecionada para o fim desejado e também considerada para compor o encosto da cadeira. As principais propriedades dos materiais mencionados, de interesse para as simulações numéricas conduzidas, estão reunidas na Tabela 17.

Tabela 17 – Propriedades dos materiais selecionados para a cadeira

Material	Densidade ρ (kg/m³)	Módulo de elasticidade E (GPa)	Coefficiente de Poisson ν	Tensão de escoamento σ_e (MPa)
Polipropileno reforçado com fibra de vidro (40%)	1220	7,63	0,36	74
Alumínio 6262, T9	2710	68,3	0,33	336
Polipropileno (espuma)	40	0,004	0,28	0,2

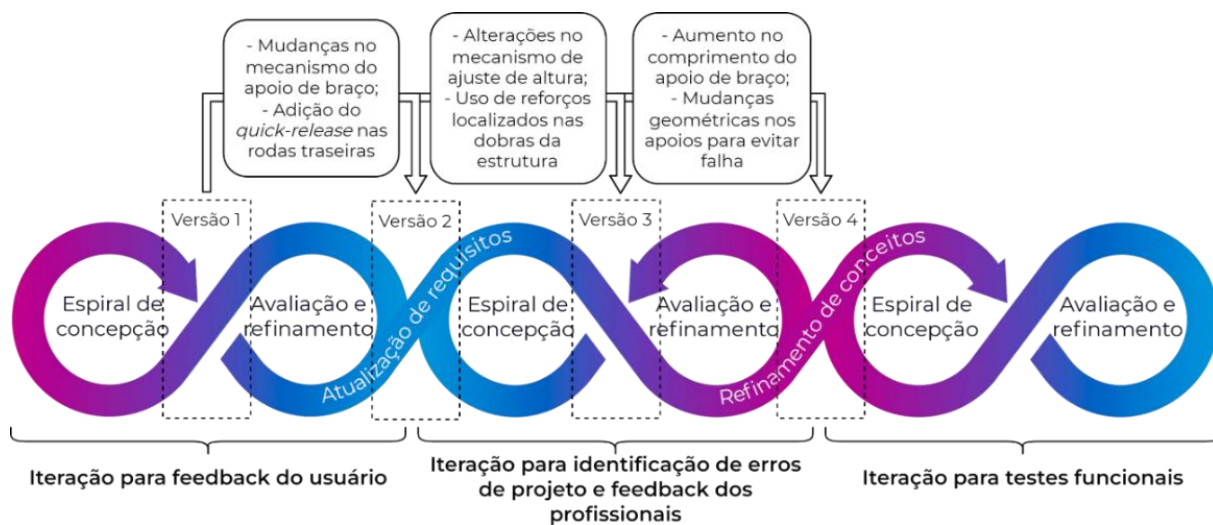
Fonte: elaborado pela autora, com base nos valores médios obtidos a partir do software Granta EduPack.

A análise por Elementos Finitos realizada neste trabalho, embora tenha contribuído para o aprimoramento do projeto, extrapola os objetivos inicialmente traçados para o estudo de caso da cadeira de banho, direcionados à geração e ao refinamento dos conceitos para tal equipamento. Portanto, os resultados provenientes das simulações computacionais estão apresentados no Apêndice J. De maneira geral, tal investigação diagnosticou a ocorrência de falha no componente metálico dos apoios para os pés e no conjunto catraca-lingueta, de forma que os perfis geométricos correspondentes foram modificados iterativamente até que uma configuração segura fosse atingida. Além disso, foi possível aumentar o comprimento dos apoios para os braços, assegurando a não-previsão de falha e atendendo a comentários levantados pelos profissionais de saúde participantes.

4.12 VERSÃO FINAL DO CONCEITO

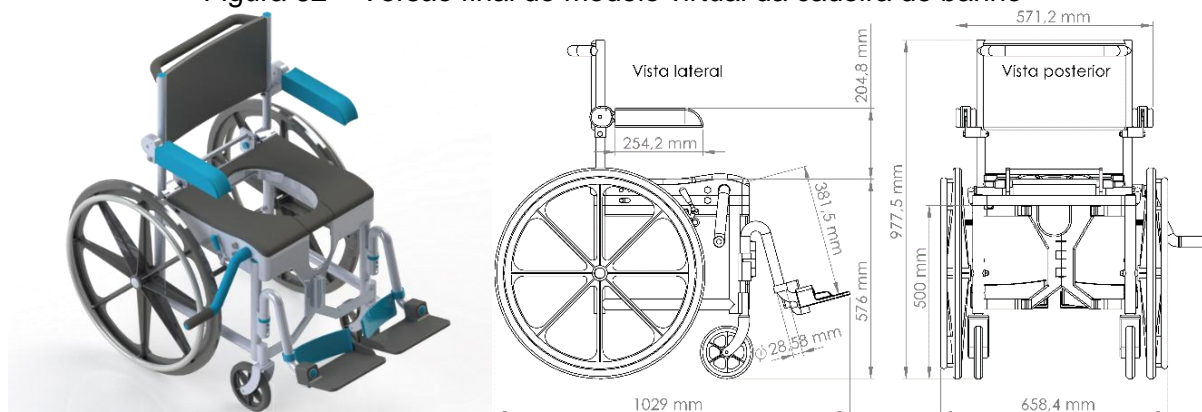
A metodologia de projeto implementada ao longo do presente trabalho possibilitou que diversas iterações de concepção e refinamento fossem conduzidas, enriquecendo o conceito da cadeira de banho com retorno de usuários e profissionais de saúde, além de aprimoramentos técnicos. A Figura 61 resume as modificações que foram realizadas de uma versão para outra das soluções, e a Figura 62 apresenta o modelo virtual renderizado da versão final desenvolvida, bem como as dimensões que sofreram alterações em relação à versão inicial (vide Figura 39).

Figura 61 – Resumo descritivo das etapas de refinamento do projeto



Fonte: elaborado pela autora.

Figura 62 – Versão final do modelo virtual da cadeira de banho



Fonte: elaborado pela autora.

5 CONCLUSÕES

O presente trabalho apresenta a proposta e a implementação de um procedimento sistemático para embasar a tomada de decisões técnicas nas fases iniciais do projeto, integrado a uma metodologia de projeto direcionada para customização e baseado nos princípios do projeto participativo.

O fluxograma elaborado sugere que o projeto de um dispositivo assistivo tenha como ponto de partida a seleção da atividade a ser contemplada, seguida pela definição do perfil funcional a ser atendido e subsequente seleção de um grupo de usuários que atendam aos níveis de independência funcional pré-estabelecidos. Integrando os indivíduos representativos do público-alvo à equipe de projeto e a profissionais da saúde, o presente trabalho embasa o levantamento de requisitos em aspectos referentes a políticas, assistências, tecnologias e ambientes associados à atividade em questão, incluindo efetivamente o usuário desde os estágios iniciais e delineando uma perspectiva ampliada a respeito da utilização do equipamento assistivo.

Embora diversas iniciativas tenham sido direcionadas a um maior nível de sistematização e ao projeto participativo de dispositivos assistivos, ainda podem ser observadas lacunas em termos da implementação conjunta de ferramentas de projeto e de instrumentos de coleta e tratamento de dados junto aos usuários. Nesse sentido, quatro instrumentos padronizados – MIF, MEEM, COPM e QUEST – foram aplicados no presente trabalho, e roteiros e questionários de elaboração própria foram desenvolvidos. Dessa forma, foi proporcionada a fundamentação necessária para o levantamento e a priorização de requisitos, que foram tratados através das ferramentas de projeto QFD e TRIZ, para a geração dos conceitos, facilitada pela aplicação do Quadro Morfológico, e para o refinamento da solução.

A abordagem iterativa proposta permitiu a obtenção de quatro versões do conceito – inicial, com retorno do usuário, com ajustes técnicos e com opinião profissional. Os participantes afirmaram que os requisitos levantados foram de fato contemplados pelo projeto, e a usabilidade geral da solução conceitual foi avaliada como muito boa/excelente. Os componentes propostos apresentaram grau de inovação, sobretudo em termos do mecanismo de ajuste de altura do assento. Trabalhos futuros podem ser destinados à manufatura do protótipo funcional, devendo direcionar esforços significativos à análise da estabilidade da cadeira de banho.

A partir da implementação do procedimento desenvolvido, observou-se que:

- A condução do projeto a partir de uma demanda funcional previamente identificada na prática clínica pode reduzir a descontinuidade de uso associada a soluções impulsionadas pela tecnologia, que não são direcionadas a necessidades reais;
- O nível de independência funcional é um critério potencialmente benéfico para a definição de público-alvo, permitindo que pessoas com diferentes condições de saúde tenham suas necessidades contempladas de maneira mais adequada pelo projeto;
- A caracterização da atividade é fundamental para o levantamento de requisitos, proporcionando uma visão completa dos mais diversos fatores associados à utilização e a possíveis abandonos do dispositivo assistivo; e
- A integração dos diferentes domínios do conhecimento ao longo das diversas etapas do projeto possibilitou um aprendizado mútuo entre as partes. A equipe de projeto foi imersa no contexto do usuário e nas preocupações profissionais, enquanto que os indivíduos participantes adquiriram conhecimentos acerca das limitações e contradições técnicas referentes aos requisitos levantados.

Portanto, a partir do questionamento de pesquisa feito, é possível afirmar que geralmente as metodologias de projeto relatadas na literatura clássica e em artigos relacionados à área de Tecnologia Assistiva exploram de forma pouco aprofundada os processos interativos nas atividades de projeto, desde a identificação do problema até a geração da solução conceitual. Além disso, também é incipiente a inclusão dos diferentes níveis de potenciais usuários de forma iterativa na fase de conceituação, amparada com técnicas de projeto de engenharia e integrada a protocolos de avaliação de Funcionalidade e Tecnologia Assistiva.

Para o cenário estudado, caracterizado pelo projeto conceitual de um equipamento assistivo complexo e robusto, que demanda a definição e a delimitação de características técnicas apropriadas, a abordagem participativa, em que o usuário não é apenas um sujeito passivo, mas um parceiro do projeto, mostrou-se possível e efetiva, proporcionando um ambiente favorável à condução de trocas enriquecedoras de forma objetiva e igualitária.

REFERÊNCIAS

- ADNAN, N.; DAWAL, S. Z. M. Applied anthropometric for wheelchair user in Malaysia. **Measurement**, v. 136, p. 786–794, 2019.
- AFLATOONY, L.; LEE, S. J. **CODEA: A framework for co-designing assistive technologies with occupational therapists, industrial designers, and end-users with mobility impairments**. Proceedings of the Design Society: DESIGN Conference. **Anais...2020**
- ALQAHTANI, S. et al. Stakeholder perspectives on research and development priorities for mobility assistive-technology: a literature review. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, p. 1–15, 2019.
- ALVES, A. C. DE J. Avaliação de tecnologia assistiva predisposição ao uso: ATD PA Br: versão brasileira. 2018.
- AMERICAN OCCUPATIONAL THERAPY ASSOCIATION. Occupational therapy practice framework: domain & process. **The American journal of occupational therapy**, v. 74, 2020.
- ANDERSEN, N. E. et al. **Professional systems development: Experience, ideas and action**. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1990.
- ASANO, D. et al. Decline in motor function during the COVID-19 pandemic restrictions and its recovery in a child with cerebral palsy: A case report. **Children**, v. 8, n. 6, p. 511, 2021.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 7250-1: Medidas básicas do corpo humano para o projeto técnico - Parte I: Definições de medidas corporais e pontos anatômicos**Rio de Janeiro, 2010.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15646: Acessibilidade — Plataforma elevatória veicular e rampa de acesso veicular para acessibilidade de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, em veículo de transporte de passageiros de categorias M1, M2 e M3 — Requisitos**. Rio de Janeiro, 2016.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 7176-8: Cadeira de rodas - Parte 8: Requisitos e métodos de ensaio para forças estáticas, de impacto e de fadiga**. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16727-1: Bacia sanitária - Parte 1: Requisitos e métodos de ensaio**. Rio de Janeiro, 2019.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos (versão corrigida)**. Rio de Janeiro, 2021.
- BÄCCMAN, C.; BERGKVIST, L.; KRISTENSSON, P. Elderly and care personnel's user experiences of a robotic shower. **Journal of Enabling Technologies**, v. 14, n. 1, p. 1–13, 2020.

BARBARESCHI, G.; CHENG, T.-J.; HOLLOWAY, C. Effect of technique and transfer board use on the performance of wheelchair transfers. **Healthcare technology letters**, v. 5, n. 2, p. 76–80, 2018.

BARBOSA, I. M. **Equipamentos de autoajuda: projeto e validação de um protótipo funcional para sustentação e movimentação de membros superiores**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)—São Carlos: Universidade de São Paulo, 2016.

BERSCH, R. **Introdução à tecnologia assistiva**. Porto Alegre, 2017. Disponível em: <https://www.assistiva.com.br/Introducao_Tecnologia_Assistiva.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2020

BI, Z. Validation and verification. In: **Finite element analysis applications: a systematic and practical approach**. Londres: Academic Press, 2018. p. 455–494.

BLACKBURN, S. J.; CUDD, P. A. A discussion of systematic user requirements gathering from a population who require assistive technology. **Technology and Disability**, v. 24, n. 3, p. 193–204, 2012.

BOISSEAU, É.; OMHOVER, J.-F.; BOUCHARD, C. Open-design: A state of the art review. **Design Science**, v. 4, 2018.

BOISSELLE, A. K.; GRAJO, L. C. They said: a global perspective on access to assistive technology. **The Open Journal of Occupational Therapy**, v. 6, n. 3, p. 1–8, 2018.

BOOT, F. H. et al. Access to assistive technology for people with intellectual disabilities: A systematic review to identify barriers and facilitators. **Journal of Intellectual Disability Research**, v. 62, n. 10, p. 900–921, 2018.

BRAGANÇA, S. et al. Anthropometric data for wheelchair users: a systematic literature review. **International Journal of Occupational Safety and Ergonomics**, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Envelhecimento e saúde da pessoa idosa. **Cadernos de Atenção Básica**, n. 19, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Gabinete do Ministro. Portaria nº 1.272, de 25 de junho de 2013. **Diário Oficial da União: seção 1**, v. 121, p. 56, 26 jun. 2013.

BRIM, B.; FROMHOLD, S.; BLANEY, S. Older Adults' Self-Reported Barriers to Aging in Place. **Journal of Applied Gerontology**, p. 0733464820988800, 2021.

BRUCKI, S. et al. Sugestões para o uso do mini-exame do estado mental no Brasil. **Arquivos de Neuro-psiquiatria**, v. 61, n. 3B, p. 777–781, 2003.

BUDYNAS, R. G.; NISBETH, J. K. **Elementos de Máquinas de Shigley**. 10. ed. Porto Alegre: McGraw Hill Brasil, 2016.

BUEHLER, E. et al. **Sharing is caring: Assistive Technology designs on Thingiverse**. Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems. **Anais...2015**

BULGARELLI, A. et al. A low-cost open source 3D-printable dexterous anthropomorphic robotic hand with a parallel spherical joint wrist for sign languages reproduction. **International Journal of Advanced Robotic Systems**, v. 13, jun. 2016.

CABIBIHAN, J. J. et al. Suitability of the openly accessible 3D printed prosthetic hands for war-wounded children. **Frontiers in Robotics and AI**, v. 7, 2021.

CAMPESE, C. et al. **Estudo dos métodos de UCD**. 10º Congresso Brasileiro de Gestão da Inovação e Desenvolvimentos de Produtos. **Anais...2015**

CAMPESE, C. **Proposta de um framework para aplicação de UCD (User-Centred Design) para pequenas empresas desenvolvedoras de produtos eletromédicos**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção)—São Carlos: Universidade de São Paulo, 2019.

CARVALHO, K. E. C. DE; GOIS JÚNIOR, M. B.; SÁ, K. N. Tradução e validação do Quebec User Evaluation of Satisfaction with Assistive Technology (QUEST 2.0) para o idioma português do Brasil. **Revista brasileira de reumatologia**, v. 54, n. 4, p. 260–267, 2014.

CAVALCANTI, A. et al. Adaptive eating device: performance and satisfaction of a person with Parkinson's Disease. **Canadian Journal of Occupational Therapy**, v. 87, n. 3, p. 211–220, 2020.

CHARBONNEAU, R.; SELLEN, K.; VERES, A. S. Exploring downloadable assistive technologies through the co-fabrication of a 3d printed do-it-yourself (DIY) dog wheelchair. **Lecture Notes in Computer Science**, v. 9737, p. 242–250, 2016.

CHAVARRIAGA, R. et al. **Multidisciplinary design of suitable assistive technologies for motor disabilities in Colombia**. Proceedings of the 4th IEEE Global Humanitarian Technology Conference, GHTC 2014. **Anais...2014**

CHEN, T.-Y. et al. Prevalence and correlates of falls among centenarians: Results from the five-country oldest old project (5-COOP). **Journals of Gerontology - Series A Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 75, n. 5, p. 974–979, 2020.

CHENG, J. Product Design Process and Methods. In: **Product Lifecycle Management - Terminology and Applications**. London: IntechOpen, 2018.

CHOI, Y. M.; SPRIGLE, S. H. Approaches for Evaluating the Usability of Assistive Technology Product Prototypes. **ASSISTIVE TECHNOLOGY**, v. 23, n. 1, p. 36–41, 2011.

COMÉLIO, M. E.; ALEXANDRE, N. M. C. Avaliação de uma cadeira de banho utilizada em ambiente hospitalar: uma abordagem ergonômica. **Revista Brasileira de Enfermagem**, v. 58, n. 4, p. 405–410, 2005.

COOPER, R. A. Introduction. In: **An introduction to rehabilitation engineering**. Boca Raton (FL): Taylor & Francis, 2007. p. 1–18.

COTON, J. et al. **Design for disability: Integration of human factor for the design of an electro-mechanical drum stick system**. Procedia CIRP. **Anais...2014**

CRUZ, D. et al. Assistive technology accessibility and abandonment: challenges for occupational therapists. **The Open Journal of Occupational Therapy**, v. 4, n. 1, p. 10, 2016.

CRYTZER, T. M. et al. Identifying research needs for wheelchair transfers in the built environment. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 12, n. 2, p. 121–127, 2017.

CURIMBABA, R. G. **Design ergonômico de cadeiras de banho: diretrizes de projeto fundamentadas em experiência de usuários**. Dissertação (Mestrado em Design)—Bauru: Faculdade de Arquitetura, Artes e Comunicação, Universidade Estadual Paulista, 2016.

CURIMBABA, R. G.; JUNIOR, G. B.; FERREIRA, A. C. M. **Disposição construtiva em cadeira de banho para indivíduos com deficiência física motora e/ou com falta de estabilidade ou sustentação do tronco corporal**. BR 202014002916-3 U2, 2015.

DAS, B.; KOZEY, J. W. Structural anthropometric measurements for wheelchair mobile adults. **Applied Ergonomics**, v. 30, n. 5, p. 385–390, 1999.

DAY, S. J.; RILEY, S. P. Utilising three-dimensional printing techniques when providing unique assistive devices: A case report. **Prosthetics and Orthotics International**, v. 42, n. 1, p. 45–49, 2018.

DE-ROSENDE-CELEIRO, I. et al. Exploring the use of assistive products to promote functional independence in self-care activities in the bathroom. **Plos one**, v. 14, n. 4, p. e0215002, 2019.

DE COUVREUR, L. et al. The Role of Subjective Well-Being in Co-Designing Open-Design Assistive Devices. **INTERNATIONAL JOURNAL OF DESIGN**, v. 7, n. 3, SI, p. 57–70, 2013.

DE COUVREUR, L.; GOOSSENS, R. Design for (every)one: co-creation as a bridge between universal design and rehabilitation engineering. **CoDesign - International Journal of CoCreation in Design and the Arts**, v. 7, n. 2, SI, p. 107–121, 2011.

DIANAT, I.; MOLENBROEK, J.; CASTELLUCCI, H. I. A review of the methodology and applications of anthropometry in ergonomics and product design. **Ergonomics**, v. 61, n. 12, p. 1696–1720, 2018.

DÖRK, M. et al. Co-Designing Visualizations for Information Seeking and Knowledge Management. **Open Information Science**, v. 4, n. 1, p. 217–235, 2020.

DUTRA, F. C. M. **Desenvolvimento de protótipo de cadeira de banho para indivíduos com paralisia cerebral tetraparética espástica**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção)—Natal: Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2008.

FARAG, M. M. **Materials and process selection for engineering design**. Boca Raton (FL): CRC Press, 2020.

FERNANDES, R. H. **Design de equipamento para auxiliar idosos no transporte de compras**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Design de Produto)—Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2016.

FOLSTEIN, M. F.; FOLSTEIN, S. E.; MCHUGH, P. R. “Mini-mental state”: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. **Journal of psychiatric research**, v. 12, n. 3, p. 189–198, 1975.

FONG, J. H. Disability incidence and functional decline among older adults with major chronic diseases. **BMC geriatrics**, v. 19, n. 1, p. 1–9, 2019.

FRIESEN, E. L.; THEODOROS, D. G.; RUSSELL, T. G. Clinical assessment, design and performance testing of mobile shower commodes for adults with spinal cord injury: an exploratory review. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 8, n. 4, p. 267–274, 2013.

FRIESEN, E. L.; THEODOROS, D. G.; RUSSELL, T. G. Use, performance and features of mobile shower commodes: perspectives of adults with spinal cord injury and expert clinicians. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 10, n. 1, p. 38–45, 2015.

FRIESEN, E. L.; THEODOROS, D. G.; RUSSELL, T. G. An instrument to measure mobile shower commode usability: the eMAST 1.0. **Journal of Assistive Technologies**, v. 10, n. 3, p. 153–161, 2016a.

FRIESEN, E. L.; THEODOROS, D. G.; RUSSELL, T. G. Usability of mobile shower commodes for adults with spinal cord injury. **British Journal of Occupational Therapy**, v. 80, n. 2, p. 63–72, 2017.

FRIESEN, E. L.; THEODOROS, D.; RUSSELL, T. G. Assistive technology devices for toileting and showering used in spinal cord injury rehabilitation - A comment on terminology. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 11, n. 1, p. 1–2, 2016b.

GADD, K. **TRIZ for engineers: enabling inventive problem solving**. Chichester: John Wiley & Sons, 2011.

GAGNON, D. et al. Trunk and upper extremity kinematics during sitting pivot transfers performed by individuals with spinal cord injury. **Clinical Biomechanics**, v. 23, n. 3, p. 279–290, 2008a.

GAGNON, D. et al. Quantification of reaction forces during sitting pivot transfers performed by individuals with spinal cord injury. **Journal of rehabilitation medicine**, v. 40, n. 6, p. 468–476, 2008b.

GAGNON, D. et al. Electromyographic patterns of upper extremity muscles during sitting pivot transfers performed by individuals with spinal cord injury. **Journal of Electromyography and Kinesiology**, v. 19, n. 3, p. 509–520, 2009.

GARCÍA, T. P. et al. A framework for a new approach to empower users through Low-Cost and Do-It-Yourself Assistive Technology. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 18, n. 6, p. 3039, 2021.

GARG, A.; KAPELLUSCH, J. M. Long-term efficacy of an ergonomics program that includes patient-handling devices on reducing musculoskeletal injuries to nursing personnel. **Human factors**, v. 54, n. 4, p. 608–625, 2012.

GELL, N. M. et al. Bathroom modifications, clutter, and tripping hazards: prevalence and changes after incident falls in community-dwelling older adults. **Journal of aging and health**, v. 32, n. 10, p. 1636–1644, 2020.

GHERARDINI, F. et al. A co-design method for the additive manufacturing of customised assistive devices for hand pathologies. **Journal of Integrated Design and Process Science**, v. 22, n. 1, p. 21–37, 2018.

GILL, T. M.; ALLORE, H. G.; HAN, L. Bathing disability and the risk of long-term admission to a nursing home. **The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences**, v. 61, n. 8, p. 821–825, 2006.

GOOSEY-TOLFREY, V. et al. A comparison of methods for the estimation of body composition in highly trained wheelchair games players. **International Journal of Sports Medicine**, v. 37, n. 10, p. 799–806, 2016.

GOSWAMI, A.; GANGULI, S.; CHATTERJEE, B. B. Ergonomic analysis of wheelchair designs. **Clinical Biomechanics**, v. 1, n. 3, p. 135–139, 1986.

GOSWAMI, A.; GANGULI, S.; CHATTERJEE, B. B. Anthropometric characteristics of disabled and normal Indian men. **Ergonomics**, v. 30, n. 5, p. 817–823, 1987.

GOVERNO DO DISTRITO FEDERAL. **Edital de licitação pregão eletrônico nº 82/2018 [Aquisição em sistema de registro de preços de material de órteses, próteses e materiais especiais (OPME)]**. Brasília: Secretaria de Estado de Saúde do Distrito Federal, 2018.

GREY, N.; KENNEDY, P. The Functional Independence Measure: a comparative study of clinician and self ratings. **Spinal Cord**, v. 31, n. 7, p. 457–461, 1993.

HAMMER, B. R.; GASKELL, D. F. **Seat tilt mechanism for chairs used by people with disabilities**. US 2011/0258771 A1, 2011.

HARING, E. et al. **The Development of an Adaptive Device for Children with a Hand Impairment**. Proceedings of the 20th Congress of the International Ergonomics Association (IEA 2018). **Anais...2019**

HATZE, H. The meaning of the term “biomechanics”. **Journal of biomechanics**, v. 7, n. 2, p. 189–190, 1974.

HOBSON, D. A.; MOLENBROEK, J. F. M. Anthropometry and design for the disabled: Experiences with seating design for the cerebral palsy population. **Applied ergonomics**, v. 21, n. 1, p. 43–54, 1990.

HOFMANN, M. et al. **Clinical and Maker Perspectives on the Design of Assistive Technology with Rapid Prototyping Technologies**. Proceedings of the 18th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility. **Anais...2016**

HOGABOOM, N. S.; WOROBEY, L. A.; BONINGER, M. L. Transfer technique is associated with shoulder pain and pathology in people with spinal cord injury: a cross-sectional investigation. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 97, n. 10, p. 1770–1776, 2016.

HOLMAN, G. T. **Decision factors in patient handling**. Proceedings of the 4 th Annual Regional National Occupational Research Agenda (NORA) Young/New Investigators Symposium. **Anais...**2006

HOWARD, J. et al. Exploring the barriers to using assistive technology for individuals with chronic conditions: a meta-synthesis review. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, n. 3, p. 1–19, 2020.

HSIAO, H.; WHISLER, R.; BRADTMILLER, B. Needs and procedures for a national anthropometry study of law enforcement officers. **Human Factors**, p. 00187208211019157, 2021.

INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA. **Relatório sobre a análise em cadeiras de rodas**. Rio de Janeiro, 2013. Disponível em: <http://estaticog1.globo.com/2013/10/18/rel_final_cadeira_rodas.pdf>

JANSSEN-POTTEN, Y. J. et al. The effect of seat tilting on pelvic position, balance control, and compensatory postural muscle use in paraplegic subjects. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 82, n. 10, p. 1393–1402, 2001.

JANSSEN, T. W. J. et al. Relationship between physical strain during standardised ADL tasks and physical capacity in men with spinal cord injuries. **Spinal Cord**, v. 32, n. 12, p. 844–859, 1994.

JAROSZ, E. Determination of the workspace of wheelchair users. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 17, n. 2, p. 123–133, 1996.

JENSEN, M. P.; ABRESCH, R. T.; CARTER, G. T. The reliability and validity of a self-report version of the FIM instrument in persons with neuromuscular disease and chronic pain. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 86, n. 1, p. 116–122, 2005.

KANEKO, P. M. **Desenvolvimento da solução construtiva e protótipo funcional de uma órtese infantil de mão e punho para auxílio em atividades diárias**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica)—São Carlos: Universidade de São Paulo, 2018.

KANKIPATI, P. et al. Upper limb joint kinetics of three sitting pivot wheelchair transfer techniques in individuals with spinal cord injury. **The journal of spinal cord medicine**, v. 38, n. 4, p. 485–497, 2015.

KENSING, F.; GREENBAUM, J. Heritage: Having a say. In: **Routledge International Handbook of Participatory Design**. New York: Routledge, 2012. p. 21–36.

KING, E. C.; HOLLIDAY, P. J.; ANDREWS, G. J. Care challenges in the bathroom: The views of professional care providers working in clients' homes. **Journal of Applied Gerontology**, v. 37, n. 4, p. 493–515, 2018.

KNUDSON, D. **Fundamentals of biomechanics**. New York: Springer Science & Business Media, 2003.

KOONTZ, A. M. et al. Upper limb kinetic analysis of three sitting pivot wheelchair transfer techniques. **Clinical Biomechanics**, v. 26, n. 9, p. 923–929, 2011.

KOPPELAAR, E. et al. The influence of ergonomic devices on mechanical load during patient handling activities in nursing homes. **Annals of occupational hygiene**, v. 56, n. 6, p. 708–718, 2012.

LAI, X.; TAN, K.; XIE, M. Optimizing product design using quantitative quality function deployment: a case study. **Quality and reliability engineering international**, v. 23, n. 1, p. 45–57, 2007.

LAPLANTE, M. P.; HARRINGTON, C.; KANG, T. Estimating paid and unpaid hours of personal assistance services in activities of daily living provided to adults living at home. **Health Services Research**, v. 37, n. 2, p. 397–415, 2002.

LAW, M. et al. Medida canadense de desempenho ocupacional (COPM). **Belo Horizonte: Editora UFMG**, 2009.

LAYTON, N. et al. Opening the GATE: systems thinking from the global assistive technology alliance. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 15, n. 5, p. 484–490, 2020.

LEE, H. **Bath chair with shower supporting stand for the handicapped**. KR101908213B1, 2018.

LEE, K. H. et al. Personalized assistive device manufactured by 3D modelling and printing techniques. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 14, n. 5, p. 526–531, 2019.

LINDSTRÖM, M.; SJÖBERG, C. **Development of Shower Chair for Increased User Independence**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica)—Lund: Lund University, 2019.

LIU, C. et al. Precise mathematical model for the ratchet tooth root bending stress. **Mechanical Sciences**, v. 12, n. 2, p. 1105–1113, 2021.

LOUREIRO, I. M. **Projeto e desenvolvimento do protótipo funcional de um prato de alimentação adaptado para pessoas com distúrbios neuromotores e tremor essencial**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais e Manufatura)—São Carlos: Universidade de São Paulo, 2019.

LUSTIG, M. et al. Beware of the toilet: The risk for a deep tissue injury during toilet sitting. **Journal of tissue viability**, v. 27, n. 1, p. 23–31, 2018.

MAGALHÃES, N. A. C. **Cadeira de banho hidráulica, com gravidade zero**BR 202017021357-4 U2, 2019.

MAIA, F. DO N.; FREITAS, S. F. Proposta de um fluxograma para o processo de desenvolvimento de produtos de Tecnologia Assistiva. **Cadernos de Terapia**

Ocupacional da UFSCar, v. 22, n. 3, 2014.

MALASSIGNÉ, P. et al. Design of the advanced commode-shower chair for spinal cord-injured individuals. **Journal of rehabilitation research and development**, v. 37, n. 3, p. 373–382, 2000.

MANERO, A. et al. Implementation of 3D printing technology in the field of prosthetics: Past, present, and future. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 16, n. 9, 2019.

MANN, K. M. **Evaluation of transfer technologies to preserve shoulder function in SCI**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Biomédica)—Tampa: University of South Florida, 2012.

MARFELL-JONES, M. J.; STEWART, A. D.; DE RIDDER, J. H. **International standards for anthropometric assessment**. Wellington, New Zealand: International Society for the Advancement of Kinanthropometry, 2012.

MARQUES, L. S. et al. Finite element analysis of a commercial wheelchair. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 16, n. 8, p. 890–901, 2021.

MARTINEZ, B. **Dispositivo universal para auxiliar atividades de pintura: projeto e avaliação de satisfação**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Materiais e Manufatura)—São Carlos: Universidade de São Paulo, 2020.

MASEDO, A. I. et al. Reliability and validity of a self-report FIM™(FIM-SR) in persons with amputation or spinal cord injury and chronic pain. **American journal of physical medicine & rehabilitation**, v. 84, n. 3, p. 167–176, 2005.

MATWEB. **Aluminum 6061-T6; 6061-T651**. Disponível em: <<https://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=1b8c06d0ca7c456694c7777d9e10be5b>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

MCCLURE, L. A. et al. Reliability and validity analysis of the transfer assessment instrument. **Archives of physical medicine and rehabilitation**, v. 92, n. 3, p. 499–508, 2011.

MCNICHOLL, A. et al. The impact of assistive technology use for students with disabilities in higher education: a systematic review. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, p. 1–14, 2019.

MEDOLA, F. O. et al. A new design for an old concept of wheelchair pushrim. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 7, n. 3, p. 234–241, 2012.

MIHAILIDIS, A.; POLGAR, J. M. **Occupational therapy and engineering: Being better together**. SAGE Publications Sage CA: Los Angeles, CA, , 2016.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **Edital de licitação pregão eletrônico nº 11/2017 [Registro de preços para aquisição de equipamentos médicos, odontológicos, laboratoriais e equipamentos de fisioterapia, com garantia do fabricante, assistência técnica e manutenção corretiva decorrente]**. Curitiba: Grupamento de

Apoio de Curitiba, 2017.

MINISTÉRIO DA DEFESA. **Edital de licitação pregão eletrônico nº 83/2019 [Aquisição de cadeira de banho hospitalar para obeso]**. Rio de Janeiro: Centro de Aquisições Específicas, 2019.

MONDELO, P. R. et al. **Ergonomía 3: Diseño de puestos de trabajo**. Barcelona: Universitat Politecnica de Catalunya. Iniciativa Digital Politecnica, 2004. v. 3

MOREIRA, S. DE S. **Disposição introduzida em cadeira desmontável para higiene pessoal**. BR 202015008122-2 U2, 2017.

NATAL, J. P. **Disposição construtiva introduzida em cadeira auxiliar para banho e higiene pessoal**BR 202018017126-2 U2, 2020.

NELSON, A. et al. Descriptive study of bowel care practices and equipment in spinal cord injury. **SCI nursing : a publication of the American Association of Spinal Cord Injury Nurses**, v. 10, n. 2, p. 65–67, jun. 1993.

NELSON, A. et al. Fall-related fractures in persons with spinal cord impairment: a descriptive analysis. **SCI nursing : a publication of the American Association of Spinal Cord Injury Nurses**, v. 20, n. 1, p. 30–37, 2003.

NITRINI, R. et al. Diagnóstico de doença de Alzheimer no Brasil: avaliação cognitiva e funcional. Recomendações do Departamento Científico de Neurologia Cognitiva e do Envelhecimento da Academia Brasileira de Neurologia. **Arquivos de Neuro-psiquiatria**, v. 63, n. 3A, p. 720–727, 2005.

NORTON, R. L. **Projeto de máquinas**. 4. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013.

OKUMURA, M. L. M.; JÚNIOR, O. C. **Design for Assistive Technology: a Preliminary Study**. ISPE CE. Anais...2015

OMS. **Relatório mundial sobre a deficiência**. São Paulo: Organização Mundial da Saúde, 2011.

OMS. **Lista de Produtos Assistivos Prioritários: melhorando o acesso a tecnologias assistivas para todos, em todos os lugares**. São Paulo: Organização Mundial da Saúde, 2017.

OPENSHAW, S.; TAYLOR, E. Ergonomics and design a reference guide. **Allsteel Inc., Muscatine, Iowa**, 2006.

ORTOBRAS. **Cadeira de rodas modelo H3**. Barão, RS: Ortobras, 2017. Disponível em: <<https://ortobras.com.br/wp-content/uploads/2017/04/Lâmina-H3-1.pdf>>.

OSTUZZI, F. et al. +TUO project: Low cost 3D printers as helpful tool for small communities with rheumatic diseases. **Rapid Prototyping Journal**, v. 21, n. 5, p. 491–505, 2015.

PAHL, G. et al. **Engineering design: a systematic approach**. 3. ed. London: Springer-Verlag, 2007.

PAIM, P.; PRIETCH, S.; DUARTE, A. **CoDesign in the Exploratory Phase of an Assistive Technology product Design to support the Teaching-Learning Process of Brazilian-Portuguese Language for Visual Persons**. Proceedings of the 17th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems. **Anais...2018**

PAQUET, V.; FEATHERS, D. An anthropometric study of manual and powered wheelchair users. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 33, n. 3, p. 191–204, 2004.

PELICIONI, P. H. S. et al. COVID-19 and its impact on human motor control. **Brazilian Journal of Motor Behavior**, v. 15, n. 1, p. 9–19, 2021.

PHEASANT, S.; HASLEGRAVE, C. M. **Bodyspace: Anthropometry, ergonomics and the design of work**. Boca Raton: CRC press, 2018.

PMSG. **Edital de licitação pregão eletrônico nº 26/2020 [Registro de preços para aquisição de cadeira de rodas]**. São Gonçalo do Amarante/RN: Prefeitura Municipal, 2020.

PORTNOVA, A. A. et al. Design of a 3D-printed, open-source wrist-driven orthosis for individuals with spinal cord injury. **PLoS ONE**, v. 13, n. 2, 2018.

PYATT, C.; SINCLAIR, M.; BIBB, R. Co-design methods for eliciting patient needs for wrist splint design. **Design for Health**, v. 3, n. 2, p. 240–260, 2019.

RADU, L.-E.; POPOVICI, I.-M.; PUNI, A.-R. Comparison of anthropometric characteristics between athletes and non-athletes. **Procedia-Social and Behavioral Sciences**, v. 191, p. 495–499, 2015.

RAO, S. S. **The finite element method in engineering**. [s.l.] Butterworth-heinemann, 2017.

RIANMORA, S.; WERAWATGANON, S. Applying Quality Function Deployment in open innovation engineering. **Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity**, v. 7, n. 1, p. 26, 2021.

RIBERTO, M. et al. Reprodutibilidade da versão brasileira da Medida de Independência Funcional. **Acta fisiátrica**, v. 8, n. 1, p. 45–52, 2001.

RIBERTO, M. **Orientação funcional para a utilização da MIF**. São Paulo: Divisão de Medicina de Reabilitação, Hospital das Clínicas, Faculdade de Medicina da Universidade de São Paulo, 2013.

RIFTON. **Hygiene Toileting System product manual**. Rifton, NY: Rifton, 2018. Disponível em: <<https://cdn.rifton.com/-/media/files/rifton/product-manuals/rifton-hts-nd41.pdf?d=20210818T210412Z>>.

RIZO-CORONA, L. et al. **Development of an Anthropometric Protocol for Wheelchair Users: Guiding the Decision-Making for Designing Inclusive Spaces**. International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics. **Anais...Springer**, 2019

ROBERTSON, T.; SIMONSEN, J. Participatory Design: an introduction. In: **Routledge international handbook of participatory design**. New York: Routledge, 2012. p. 1–17.

ROMEIRO, E. et al. **Projeto do produto**. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2013.

SANDERS, E. B.-N. Design research in 2006. **Design research quarterly**, v. 1, n. 1, p. 1–8, 2006.

SANDERS, E. B.-N.; BRANDT, E.; BINDER, T. **A framework for organizing the tools and techniques of participatory design**. Proceedings of the 11th biennial participatory design conference. **Anais...2010**

SANDERS, E. B.-N.; STAPPERS, P. J. Co-creation and the new landscapes of design. **Co-design**, v. 4, n. 1, p. 5–18, 2008.

SANTOS, A. V. DE F. et al. **User-centered design of a customized assistive device to support feeding**. 29th CIRP DESIGN. **Anais...Póvoa de Varzim, Portugal: Elsevier, 2019**

SANTOS, A. V. DE F.; SILVEIRA, Z. DE C. AT-d8sign: methodology to support development of assistive devices focused on user-centered design and 3D technologies. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering**, v. 42, n. 5, 2020.

SANTOS, A. V. DE F.; SILVEIRA, Z. DE C. Design for assistive technology oriented to design methodology: a systematic review on user-centered design and 3D printing approaches. **Journal of the Brazilian Society of Mechanical Sciences and Engineering**, v. 43, n. 11, p. 483–497, 2021.

SARAF, B. et al. Joining of ABS parts built by material extrusion: Analysis of strength and fracture behavior. **CIRP Journal of Manufacturing Science and Technology**, v. 31, p. 459–466, 2020.

SCHWARTZ, J. K. et al. Methodology and feasibility of a 3D printed assistive technology intervention. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 15, n. 2, p. 141–147, 2019.

SEELLEN, H. A.; VUURMAN, E. F. Compensatory muscle activity for sitting posture during upper extremity task performance in paraplegic persons. **Scandinavian journal of rehabilitation medicine**, v. 23, n. 2, p. 89–96, 1991.

SMITH, R. O. et al. Assistive technology products: a position paper from the first global research, innovation, and education on assistive technology (GREAT) summit. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 13, n. 5, p. 473–485, 2018.

SONENBLUM, S. E.; SPRIGLE, S. H.; MARTIN, J. S. Everyday sitting behavior of full-time wheelchair users. **Journal of Rehabilitation Research & Development**, v. 53, n. 5, 2016.

SOUZA, A. C. DE A. E. **Avaliação dos dispositivos destinados ao uso de sustentação e movimentação de membros superiores e proposta da melhoria**

do projeto baseada na integração QFD e análise funcional. Tese (Doutorado em Bioengenharia)—São Carlos: Universidade de São Paulo, 2016.

SQUIRES, L. A.; WILLIAMS, N.; MORRISON, V. L. Matching and accepting assistive technology in multiple sclerosis: a focus group study with people with multiple sclerosis, carers and occupational therapists. **Journal of health psychology**, v. 24, n. 4, p. 480–494, 2019.

STEVENS, J. A.; HAAS, E. N.; HAILEYESUS, T. Nonfatal bathroom injuries among persons aged ≥ 15 years—United States, 2008. **Journal of safety research**, v. 42, n. 4, p. 311–315, 2011.

SUGAWARA, A. T. et al. Abandonment of assistive products: assessing abandonment levels and factors that impact on it. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, v. 13, n. 7, p. 716–723, 2018.

SUNG, J. et al. Falls among full-time wheelchair users with spinal cord injury and multiple sclerosis: a comparison of characteristics of fallers and circumstances of falls. **Disability and rehabilitation**, v. 41, n. 4, p. 389–395, fev. 2019.

TAO, G. et al. Evaluation tools for assistive technologies: a scoping review. **Archives of Physical Medicine and Rehabilitation**, v. 101, n. 6, p. 1025–1040, 2020.

THOMSON INDUSTRIES. **Lead screws**. Radford: Thomson Industries. Disponível em: <https://www.thomsonlinear.com/downloads/screws/Lead_Screws_cten.pdf>.

THREATT, A. L. et al. The Design, Prototyping, and Formative Evaluation of an Assistive Robotic Table (ART) for Stroke Patients. **HERD-HEALTH ENVIRONMENTS RESEARCH & DESIGN JOURNAL**, v. 10, n. 3, p. 152–169, 2017.

TOCHETTO, J. et al. **Design with me: I have special needs! the case for cerebral palsy**. International Conference on Universal Access in Human-Computer Interaction. **Anais...**Springer, 2016

TRIOLA, M. F. **Introdução à estatística**. Rio de Janeiro: LTC, 2005. v. 9

TUAZON, J. R.; JAHAN, A.; JUTAI, J. W. Understanding adherence to assistive devices among older adults: a conceptual review. **Disability and Rehabilitation: Assistive Technology**, 2018.

TURNER-STOKES, L. **The UK FIM + FAM manual**. Londres: Cicely Saunders Institute of Palliative Care, Policy & Rehabilitation, King's College London, 2012.

ULLMAN, D. G. **The mechanical design process**. 4. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2010.

ULRICH, K.; EPPINGER, S. **Product design and development**. New York: McGraw-Hill Higher Education, 2015.

URRUTIA, F. et al. **User centered design of a wheelchair based in an anthropometric study**. 2015 CHILEAN Conference on Electrical, Electronics Engineering, Information and Communication Technologies (CHILECON).

Anais...IEEE, 2015

VADASSERY, S. J. et al. Interview functional independence measure score: self-reporting as a simpler alternative to multidisciplinary functional assessment. **Singapore medical journal**, v. 60, n. 4, p. 199, 2019.

VAN ABEL, B. et al. **Open design now: Why design cannot remain exclusive**. Amsterdam: Bis Publishers, 2011.

VAN KEEKEN, H. et al. Biomechanics and ergonomics. In: **Handbook of Sports Medicine and Science: Training and Coaching the Paralympic Athlete**. Ames: John Wiley & Sons, 2016. p. 21–52.

VLACHANTONI, A. Unmet need for social care among older people. **AGEING \& SOCIETY**, v. 39, n. 4, p. 657–684, 2019.

VOS, T. et al. Global burden of 369 diseases and injuries in 204 countries and territories, 1990–2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. **The Lancet**, v. 396, n. 10258, p. 1204–1222, 2020.

WASSERMAN, G. S. On how to prioritize design requirements during the QFD planning process. **IIE transactions**, v. 25, n. 3, p. 59–65, 1993.

WOROBAY, L. A. et al. Reliability and validity of the revised transfer assessment instrument. **Topics in spinal cord injury rehabilitation**, v. 24, n. 3, p. 217–226, 2018.

WOROBAY, L. A. et al. Concurrent validity and reliability of the transfer assessment instrument questionnaire as a self-assessment measure. **Archives of rehabilitation research and clinical translation**, v. 2, n. 4, p. 100088, 2020.

WU, F.-G.; MA, M.-Y.; CHANG, R.-H. A new user-centered design approach: A hair washing assistive device design for users with shoulder mobility restriction. **Applied Ergonomics**, v. 40, n. 5, p. 878–886, 2009.

YANG, S. et al. **Design and analysis of a multifunctional electric bath chair**. 2017 IEEE International Conference on Real-time Computing and Robotics (RCAR). **Anais...IEEE, 2017**

ZACHARIAS, I. C. S. et al. **User stories method and assistive technology product development: A new approach to requirements elicitation**. Proceedings of the International Conference on Engineering Design, ICED. **Anais...2019**

ZEJDLIK, C. P. **Management of spinal cord injury**. [s.l.] Jones & Bartlett Learning, 1992.

ZLATINTSI, A. et al. I-Support: A robotic platform of an assistive bathing robot for the elderly population. **Robotics and autonomous systems**, v. 126, 2020.

ZWIERZCHOWSKA, A. et al. The body mass index and waist circumference as predictors of body composition in post CSCI wheelchair rugby players (Preliminary investigations). **Journal of Human Kinetics**, v. 43, n. 1, p. 191–198, 2014.

APÊNDICE A – CONVITE À PARTICIPAÇÃO



CONVITE PARA PESQUISA
Análise e síntese da
coparticipação de usuários
nas fases iniciais do projeto:
Estudo de caso de um
equipamento assistivo
para banho

Mestranda:
Alina de Souza Leão Rodrigues
<https://bit.ly/3e1b2SJ>

Olá!

Você faz uso ou poderia se beneficiar pela utilização de algum recurso de auxílio ao banho? Então gostaríamos de lhe convidar para participar da nossa pesquisa! O Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia de São Carlos (USP) e o Departamento de Terapia Ocupacional da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) estão desenvolvendo o projeto de um novo modelo de cadeira de banho, considerando as necessidades e opiniões de potenciais usuários.

Pessoas que podem participar:

- De ambos os sexos, com mais de 18 anos;
- Que precisem de auxílio de outra pessoa e/ou de equipamento(s) para tomar banho.

Como colaborar:

- Responder um questionário online;
- Participar de uma entrevista remota via Google Meet para avaliação cognitiva.

Você se encaixa nos critérios e tem interesse em participar? É só preencher este questionário: <https://bit.ly/3e1b2SJ>

Agradecemos pela atenção!

APÊNDICE B – TCLE I E QUESTIONÁRIO DE MAPEAMENTO

Olá!

Se você tem mais de 18 anos de idade e precisa de auxílio de outra pessoa e/ou de equipamento(s) para tomar banho, gostaríamos de lhe convidar a participar voluntariamente do nosso projeto de pesquisa.

Este estudo está sendo desenvolvido pela mestrande Alina de Souza Leão Rodrigues, sob orientação da Profa. Dra. Zilda de Castro Silveira, da EESC-USP, e coorientação da Profa. Dra. Luciana Bolzan Agnelli Martinez, da UFSCar. Ele será dividido em três partes, com níveis de participação diferentes, e você não precisa participar de todas. Esta etapa inicial é apenas para levantamento de dados e consiste em:

- a) Responder o presente formulário. A duração prevista é de aproximadamente 10 minutos.
- b) Participar de uma chamada de vídeo, em que será aplicado um teste para avaliar aspectos cognitivos. Entraremos em contato para agendar o dia e o horário.

Antes de aceitar participar, por favor, leia o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido com atenção, clicando no seguinte link: <https://bit.ly/3uLIqgh>

1. Você atende aos requisitos, leu os termos e concorda em participar?

- Concordo em participar da etapa inicial da referida pesquisa. Declaro estar ciente de que recebi as devidas explicações sobre os objetivos e riscos envolvidos na participação. *Pular para a pergunta 2.*
- Não concordo em participar da etapa inicial da referida pesquisa. *Finalizar questionário.*

----- INFORMAÇÕES GERAIS -----

2. Todas as perguntas a seguir são referentes ao usuário da cadeira de banho. Caso você seja um familiar ou cuidador, por favor preencha as informações referentes ao usuário e informe aqui qual a sua relação com a pessoa que utiliza ou já utilizou cadeira de banho.

3. Como você se chama?

4. Qual a sua data de nascimento?

5. Em que cidade você mora?

6. Qual o seu nível de escolaridade? Marque a alternativa que mais se aproxima, mesmo que você não tenha concluído todos os anos correspondentes.

- Não fui alfabetizado(a)
- Do 2º ao 5º ano (ou da 1ª à 4ª série) do Ensino Fundamental
- Do 6º ao 9º ano (ou da 5ª à 8ª série) do Ensino Fundamental
- Ensino Médio
- Ensino Superior

7. Você precisa da ajuda de outra pessoa para tomar banho?

- Sim
- Não *Pular para a pergunta 11.*

----- DURANTE O BANHO -----

8. Qual condição de saúde faz com que você precise de auxílio para o banho?

9. Marque TODAS as partes do corpo que você precisa de ajuda para higienizar durante o banho.

- Pé, tornozelo e perna do lado direito
- Pé, tornozelo e perna do lado esquerdo
- Coxa direita
- Coxa esquerda
- Região íntima frontal
- Região íntima traseira
- Mão, antebraço, braço e ombro do lado direito
- Mão, antebraço, braço e ombro do lado esquerdo

- Tronco superior (peito)
- Tronco inferior (abdômen)

10. Como você classificaria o tipo de assistência de que precisa para o banho? Caso não saiba responder, marque a opção “outro” e procure descrever como o auxílio é realizado. *Pular para a pergunta 12.*

- Assistência total (você efetua esforço mínimo, necessitando de ajuda total para tomar banho)
- Assistência máxima (você desenvolve menos da metade do esforço requerido)
- Assistência moderada (você realiza de 50% a 74% da atividade e requer mais que um contato leve)
- Toque leve, ocasional (você realiza 75% ou mais da atividade, precisando de contato puramente tátil)
- Preparo, supervisão ou estímulo (você só necessita de um controle, ou uma presença, ou uma sugestão, ou um encorajamento, sem contato físico)
- Outro:

11. Você precisa de um equipamento especializado ou de cuidados de segurança para o banho?

- Sim
- Não

----- PARA TRANSFERÊNCIAS -----

12. Você precisa da ajuda de outra pessoa para efetuar transferências para chuveiro ou banheira?

- Sim *Pular para a pergunta 14.*
- Não

13. Para transferências, você precisa de dispositivos de ajuda ou adaptação (como equipamento móvel, tábua de transferência, elevador, barra de apoio, banho especial, etc.)? *Pular para a pergunta 16.*

- Sim
- Não

14. Quanto da transferência você realiza sozinho(a)?

- Menos da metade
- Metade ou mais

15. Como você classificaria o tipo de assistência de que precisa para as TRANSFERÊNCIAS? Caso não saiba responder, marque a opção “outro” e procure descrever como o auxílio é realizado.

- Assistência total (você efetua esforço mínimo, necessitando de ajuda total para transferências)
- Assistência máxima (você desenvolve menos da metade do esforço requerido)
- Assistência moderada (você realiza de 50% a 74% da atividade e requer mais que um contato leve)
- Toque leve, ocasional (você realiza 75% ou mais da atividade, precisando de contato puramente tátil)
- Preparo, supervisão ou estímulo (você só necessita de um controle, ou uma presença, ou uma sugestão, ou um encorajamento, sem contato físico)
- Outro:

----- CONTATO -----

16. Agradecemos a participação! Por gentileza, informe seu e-mail e/ou telefone. Entraremos em contato para agendamento da entrevista de avaliação cognitiva.

APÊNDICE C – ROTEIRO PARA APLICAÇÃO DO MEEM E ENTREVISTA

Introdução

Apresentação: Falar nomes e funções de cada pessoa presente e explicar sobre a continuidade do projeto. Convidar o usuário a se apresentar também, como quiser.

Explicação sobre o procedimento: Nossa entrevista hoje será dividida em duas partes. Primeiro, vamos fazer algumas perguntas de concentração e memória, que devem durar no total cerca de 10 minutos. Algumas perguntas são mais difíceis do que outras, então se você não entender algo, fique à vontade para me pedir para repetir ou esclarecer melhor. A segunda parte terá perguntas sobre a atividade do banho, para entendermos um pouco como é o seu dia-a-dia e se existem aspectos que você gostaria que melhorassem. Podemos fazer intervalos quando você quiser. Tudo bem? Aguardar um pouco por uma possível resposta e/ou eventuais dúvidas. Gostaria de perguntar se você permite que nossa conversa seja gravada. Ela não será exposta a mais ninguém, isso é apenas para que possamos ter um registro e analisar em mais detalhes futuramente. Aguardar autorização. Bom, então podemos começar!

Parte I – Miniexame do Estado Mental

1 – Em que dia estamos? *A resposta deve conter dia da semana, data, mês, semestre e ano. Caso algum desses itens não seja mencionado, ele pode ser perguntado individualmente. 0 – 5 pontos*

2 – Onde você está? *A resposta deve conter local, rua, bairro, cidade e estado. O local pode ser um cômodo (sala, quarto, cozinha, etc.) ou algo mais amplo (residência própria, casa de um parente, etc.). Caso algum desses itens não seja mencionado, ele pode ser perguntado individualmente. 0 – 5 pontos.*

3 – Eu vou dizer o nome de três objetos e, quando terminar, pedirei que você repita esses nomes em qualquer ordem. Mais tarde vou perguntar novamente, então por favor memorize-os. Caneca, tijolo, tapete. Agora pode repetir. *0 – 3 pontos.*

4 – Você faz cálculos? *Se sim, ir para a pergunta 4a. Se não, ir para 4b. 0 – 5 pontos.*

4a – Se eu tivesse R\$100,00 e tirasse R\$7,00 quanto restaria? E se tirasse mais R\$7,00? *Repetir até que sejam feitas 5 subtrações.*

4b – Solete a palavra MUNDO de trás para frente.

5 – Há alguns minutos, você repetiu uma série de três palavras. Por favor, diga agora quais ainda se lembra. *0 – 3 pontos.*

6 – *Mostrar um relógio e uma caneta. Por favor diga o nome desses objetos. 0 – 2 pontos.*

7 – *Repita a frase: NEM AQUI, NEM ALI, NEM LÁ. 0 – 1 ponto.*

8 – *Por favor, pegue o papel com a mão direita, dobre-o ao meio e mostre para mim pela câmera. 0 – 3 pontos.*

9 – *Compartilhar tela no Google Meet e mostrar um slide em que está escrito “feche os olhos”. Por favor leia o que está na tela e faça o que está escrito. 0 – 1 ponto.*

10 – *Elabore uma frase completa e fale para mim. 0 – 1 ponto.*

11 – *Vou mostrar um desenho aqui na tela e gostaria que você copiasse o desenho e me mostrasse pela câmera. Faça o melhor que puder. 0 – 1 ponto.*

Esse é o fim da primeira parte da nossa conversa. As perguntas da próxima parte serão um pouco diferentes, serão a respeito da atividade do banho. Se quiser podemos fazer um intervalo agora. *Aguardar resposta.* Bom, então vamos continuar!

Parte II – Entrevista banho

----- POLÍTICAS -----

1 – *Você utiliza cadeira de banho atualmente? Deixar a pessoa falar livremente. Alguns aspectos importantes a serem levantados aqui são: marca e modelo, como essa cadeira foi adquirida (recurso próprio, aluguel, SUS, etc.) e há quanto tempo possui, como foi o processo de escolha do modelo, se teve auxílio de profissional da saúde, etc.*

2 – *Você possuía uma outra cadeira de banho antes dessa ou utilizava algum outro tipo de recurso para tomar banho (como cadeira de plástico)? Se sim, qual foi o motivo da troca?*

3 – *Você já precisou de algum serviço de manutenção, conserto ou substituição de peças para essa cadeira? Qual parte foi danificada e como foi a experiência?*

----- INDIVÍDUO -----

4 – *Qual a sua condição de saúde (diagnóstico e história clínica)? Você poderia descrever suas restrições de mobilidade e como elas impactam seu dia-a-dia? E com relação ao banho, qual o impacto dessas restrições? A ideia aqui é obter informações a respeito de dificuldades de movimento durante o banho (como abrir e fechar torneira, alcançar suprimentos, higienizar alguma região específica, etc.)*

----- ATIVIDADE -----

5 – O banho é uma atividade muito abrangente, que envolve a execução de várias tarefas, como realizar transferências, trocar de roupa, secar-se, cuidar do intestino, etc. Você pode descrever o passo a passo de como é a sua rotina de banho?

6 – (COPM) No dia-a-dia, as mais diversas atividades são realizadas, desde aquelas que envolvem autocuidado até as relacionadas ao lazer. Hoje, quão importante é para você a atividade do banho, em uma escala de 1 a 10? Também de 1 a 10, que nota você daria para o seu desempenho nessa atividade? Na mesma escala, quão satisfeito(a) você está com esse desempenho?

----- TECNOLOGIA E ASSISTÊNCIA -----

7 – Quem auxilia você durante o banho e/ou transferências? *Deixar a pessoa falar livremente e estimular com tópicos como frequência diária de banho, se ocorre quando se tem vontade ou em horários pré-definidos, etc.*

8 – Como é prestado o auxílio durante o banho e/ou transferências? Em quais dos passos precisa de ajuda e como é essa ajuda?

9 – Do seu ponto de vista, quais os principais aspectos negativos da sua cadeira de banho? Cite pelo menos três. E os principais aspectos positivos? *Outra forma de perguntar: quais aspectos você gostaria de mudar na sua cadeira se pudesse? E quais gostaria de manter?*

10 – Você se sente inseguro(a) durante a utilização da cadeira? Se sim, quais as principais razões para isso?

11 – Sua cadeira possui algum tipo de ajuste? Se não, gostaria que tivesse? Se sim, quem realiza esses ajustes é você ou a pessoa que lhe auxilia? Gostaria que fosse diferente?

12 – Você precisa se inclinar ou mudar de posição na cadeira com frequência? *Nesse ponto, checar a duração da entrevista. Se estiver próxima de uma hora, pular para as questões 17 e 18 e considerar a possibilidade de fazer o restante via questionário ou em outro dia.*

13 – (QUEST) *Apresentar na tela uma escala de satisfação.* Eu vou citar alguns itens e gostaria que você me dissesse quão satisfeito(a) você está com cada um deles na sua cadeira de banho. Você pode usar essa escala na tela, para dizer se está insatisfeito(a), pouco satisfeito(a), mais ou menos satisfeito(a), bastante satisfeito(a) ou totalmente satisfeito(a). É muito importante que você seja sincero(a), para que possamos entender quais fatores mais precisam de melhorias. Caso não entenda

algum item, fique à vontade para perguntar. *Ao final, pedir para a pessoa comentar algum item que ache necessário. Em seguida, mostrar a lista com todos esses itens na tela e pedir para a pessoa escolher os dois que considera mais importantes.*

14 – (eMAST*) *Apresentar na tela uma escala de concordância.* Eu vou fazer algumas afirmações agora e você vai me dizer se concorda ou não, com base na sua cadeira de banho, de acordo com essa escala mostrada na tela, que vai desde “discordo totalmente” até “concordo totalmente”. Lembre-se, é importante que você seja sincero(a), para que nós possamos fazer um produto melhor e mais adequado durante o projeto.

- Possui boa altura para transferências;
- Funciona bem em conjunto com outros recursos que você utiliza;
- É confortável;
- Atende bem às suas necessidades;
- É de fácil utilização e ajuste;
- É fácil de manobrar e impulsionar;
- Passa pelas portas da residência;
- Cabe no banheiro;
- Proporciona bom suporte postural;
- Permite bom acesso por baixo para higiene íntima;
- É de fácil limpeza e manutenção;
- Evita escorregamento (da cadeira no piso e do usuário no assento);
- Permanece estável durante o uso;
- Permite reposicionamento e deslocamento de peso;

15 – (eMAST*) *Apresentar na tela uma escala de importância.* Agora, vamos seguir um processo parecido com as duas perguntas anteriores, mas não será com relação à sua cadeira de banho. Dessa vez, vou pedir que você me fale quão importante é cada um desses itens para uma nova cadeira de banho. Você pode seguir essa escala presente na tela. Lembrando mais uma vez, sinceridade sempre! E também não vale dizer que todos os itens são extremamente importantes, é bom que nós consigamos identificar quais de fato são mais importantes. *Ao final, perguntar se há algum item que a pessoa julgue importante e que não tenha sido mencionado.*

- Apoio para a cabeça;
- Apoio para os braços;

- Apoio para os pés;
- Assento almofadado;
- Encosto almofadado;
- Encosto que apoie toda a região dorsal;
- Possibilidade de utilização sobre vaso sanitário;
- Alguma forma de levantar os pés, aproximando-os do corpo;
- Ajuste de altura;
- Sistema tilt;
- Sistema de reclinção;
- Portabilidade (ser desmontável ou dobrável);
- Sistema de travas;
- Autopropulsão;
- Compartimento para shampoo, sabonete, etc.;
- Porta-chuveirinho;
- Rotação do assento;
- Sistema anti-tombo.

16 – Para cada um dos itens abaixo, qual opção seria preferível? Sinta-se à vontade para dar outras sugestões.

Apoio de cabeça: fixo, com ajuste de altura, com ajuste de profundidade ou com ambos os ajustes?

Apoio de braços: fixo, articulado (escamoteável), removível ou com ajuste de altura?

Apoio de pés: fixo, articulado (escamoteável), removível ou com ajuste de altura?

----- AMBIENTE -----

17 – Quantas pessoas moram com você?

18 – Em qual local da casa o banho é realizado? O piso possui proteção antiderrapante? Há algum tipo de adaptação nesse ambiente (como barras de apoio)? No caso de banheiro, como é a separação entre o box e o restante do banheiro? Como ocorre a passagem da cadeira pelo batente?

Esse é o final da entrevista. Agradecer e falar sobre a continuidade do projeto, explicando as próximas etapas e convidando a manter a participação.

APÊNDICE D – TCLE II: APRESENTAÇÃO DO MODELO VIRTUAL

Você está sendo convidado(a) a dar continuidade à pesquisa intitulada “Análise e síntese da coparticipação de usuários nas fases iniciais do projeto: Estudo de caso de um equipamento assistivo para banho”, que está sendo realizada a partir de uma parceria entre o Departamento de Terapia Ocupacional (DTO) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e a Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP). O objetivo do trabalho é realizar o projeto de desenvolvimento de uma cadeira para o banho, com a participação de potenciais usuários de tecnologia assistiva para essa atividade.

Você está sendo convidado(a) pois foi selecionado a partir da participação na etapa inicial deste trabalho, como voluntário, e por apresentar as características esperadas quanto ao perfil funcional e aspectos cognitivos (intelectuais).

Caso você concorde com a participação, será conduzida uma reunião de equipe, junto com os demais participantes convidados, para que possamos entender melhor sua realidade, o contexto em que a atividade do banho é realizada e suas principais necessidades, queixas e ideias. Você será apresentado(a) às diferentes versões e possibilidades do produto, para que auxilie na elaboração do conceito, dando ideias, sugerindo alternativas e identificando eventuais ajustes necessários. Espera-se produzir um protótipo conceitual do equipamento, para ser analisado por algum usuário final do grupo de participantes, que será selecionado ao longo do projeto.

Como você irá participar de maneira ativa do desenvolvimento da cadeira de banho, espera-se que ela possa se tornar uma solução que promova funcionalidade e independência nas tarefas. A participação na pesquisa será importante pois os avanços na área da saúde e de desenvolvimento de produtos ocorrem através de estudos como este, em que o usuário final auxilia no desenvolvimento. Dessa forma, é possível chegar a um dispositivo que atenda às necessidades, contextos e opiniões do público-alvo.

Você não será exposto(a) a situações de risco grave em nenhum momento da pesquisa inicial, havendo riscos relacionados ao constrangimento no momento de alguma entrevista e/ou reunião. Em decorrência do cenário atual de pandemia, todos os procedimentos envolvendo sua participação serão remotos, ou seja, em ambiente

virtual, cujos riscos estão relacionados às limitações da tecnologia e às interferências que estas podem causar no andamento das interações e da coleta de dados.

A divulgação dos dados coletados e dos resultados obtidos manterá em sigilo seus dados, assegurando sua privacidade quanto às informações confidenciais. Pedimos também autorização para a gravação das sessões remotas e uso das imagens em aulas, eventos e outras divulgações científicas ligadas ao tema.

Serão realizados esclarecimentos antes e durante a pesquisa, a respeito dos procedimentos a serem realizados, e sua autorização é totalmente voluntária, e você tem liberdade para recusar ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem que haja penalização ou prejuízo.

Você receberá uma via deste registro por e-mail, sendo que você pode tirar dúvidas sobre o projeto ou retirar o seu consentimento a qualquer momento da pesquisa, através de um dos contatos da pesquisadora responsável, conforme se segue: Profa. Luciana Bolzan Agnelli Martinez - DTO/UFSCar – e-mail: luagnelli@ufscar.br e telefone/whatsapp: (16) 997120189.

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar, que funciona na Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP – Brasil. Fone (16) 3351-8110. Endereço eletrônico: cephumanos@ufscar.br

DECLARAÇÃO DO (A) PARTICIPANTE

Nome:

E-mail:

Concordo em participar desta etapa da referida pesquisa. Declaro estar ciente de que recebi as devidas explicações sobre os objetivos e riscos envolvidos na participação.

Não concordo em participar desta etapa da referida pesquisa.

APÊNDICE E – TCLE III: AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO FÍSICO

Você está sendo convidado(a) a participar da etapa final da pesquisa intitulada “Análise e síntese da coparticipação de usuários nas fases iniciais do projeto: Estudo de caso de um equipamento assistivo para banho”, que está sendo realizada a partir de uma parceria entre o Departamento de Terapia Ocupacional (DTO) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) e a Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) da Universidade de São Paulo (USP). O objetivo do trabalho é desenvolver um novo conceito de cadeira para o banho, com a participação de potenciais usuários de tecnologia assistiva para essa atividade.

Caso você concorde com a participação, será conduzida uma reunião de equipe, junto com os demais participantes convidados, de forma presencial no Departamento de Terapia Ocupacional da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Você será apresentado(a) às diferentes versões e possibilidades do produto, envolvendo o modelo virtual e o protótipo físico, para que interaja com as mesmas e auxilie no aprimoramento do conceito elaborado, dando ideias, sugerindo alternativas e identificando eventuais ajustes necessários. Além disso, após essa conversa, será enviado um questionário eletrônico voltado para uma avaliação do protótipo em si e da solução em desenvolvimento.

Como usuários e profissionais da saúde estão participando de maneira ativa do desenvolvimento da cadeira de banho, espera-se que ela possa se tornar uma solução que promova funcionalidade e independência nas tarefas. A participação na pesquisa será importante pois os avanços na área da saúde e de desenvolvimento de produtos ocorrem através de estudos como este, em que o usuário final auxilia no desenvolvimento. Dessa forma, é possível chegar a um dispositivo que atenda às necessidades, contextos e opiniões do público-alvo.

Você não será exposto(a) a situações de risco grave em nenhum momento da pesquisa inicial, havendo riscos relacionados apenas ao constrangimento no momento de alguma entrevista e/ou reunião. Em decorrência do cenário atual de pandemia, serão adotados protocolos de segurança, envolvendo uso obrigatório de máscara por todos os indivíduos presentes e disponibilidade de álcool em gel para higienização das mãos. O manuseio do protótipo ocorrerá com um participante por vez.

A divulgação dos dados coletados e dos resultados obtidos manterá em sigilo seus dados, assegurando sua privacidade quanto às informações confidenciais. Pedimos também autorização para a gravação das sessões e uso das imagens em aulas, eventos e outras divulgações científicas ligadas ao tema.

Serão realizados esclarecimentos antes e durante a pesquisa, a respeito dos procedimentos a serem realizados, e sua autorização é totalmente voluntária, e você tem liberdade para recusar ou retirar seu consentimento a qualquer momento, sem que haja penalização ou prejuízo.

Você receberá uma via deste registro por e-mail, sendo que você pode tirar dúvidas sobre o projeto ou retirar o seu consentimento a qualquer momento da pesquisa, através de um dos contatos das pesquisadoras:

Profa. Luciana Bolzan Agnelli Martinez - DTO/UFSCar - e-mail: luagnelli@ufscar.br e telefone/whatsapp: (16) 997120189

Mestranda Alina de Souza Leão Rodrigues - e-mail: alinarodrigues@usp.br e telefone/whatsapp: (81) 991036852

O projeto foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da UFSCar, que funciona na Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa da Universidade Federal de São Carlos, localizada na Rodovia Washington Luiz, Km. 235 - Caixa Postal 676 - CEP 13.565-905 - São Carlos - SP – Brasil. Fone (16) 3351-8110. Endereço eletrônico: cephumanos@ufscar.br

DECLARAÇÃO DO (A) PARTICIPANTE

Nome:

E-mail:

Concordo em participar desta etapa da referida pesquisa. Declaro estar ciente de que recebi as devidas explicações sobre os objetivos e riscos envolvidos na participação.

Não concordo em participar desta etapa da referida pesquisa.

APÊNDICE F – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO FÍSICO

1. Como você se chama?

2. Qual a sua formação?

- Terapia Ocupacional
- Fisioterapia
- Engenharia
- Outra:

3. Quais as suas áreas de atuação/pesquisa?

4. Você já tinha ouvido falar em impressão 3D e corte a laser? Já havia tido contato com alguma peça que foi fabricada por uma dessas técnicas?

- Já ouvi falar e já tive contato.
- Já ouvi falar, mas não tive contato.
- Tive contato, mas não sabia o que era.
- Nem ouvi falar, nem tive contato.

5. Para você, a experiência de manusear o protótipo físico:

- Dificultou o entendimento de todos os aspectos em comparação à apresentação do modelo virtual.
- Dificultou a compreensão geral, mas ainda foi benéfica em poucos aspectos.
- Foi indiferente, não acrescentou nada de novo em comparação à apresentação do modelo virtual.
- Esclareceu a maioria dos aspectos.
- Foi indispensável para ter uma visão mais clara do funcionamento da solução e da interação entre os componentes.

6. Como você se sentiu ao interagir com o protótipo?

7. Com relação aos materiais e aos processos de fabricação empregados para a construção do protótipo, você acha que:

- Foram inadequados, tornando a versão física muito diferente do modelo virtual.
- Foram ruins, adicionaram limitações que dificultaram a compreensão geral.
- Foram medianos, com pontos positivos e negativos em igual proporção.
- Foram bons no geral, as limitações prejudicaram a compreensão de apenas alguns aspectos.
- Foram adequados para a demonstração e o entendimento das funcionalidades.

8. Em uma escala de 0 a 10, quanto você acha que cada um dos requisitos levantados foi contemplado pela solução proposta? Considere 0 como não contemplado e 10 como totalmente contemplado.

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Autopropulsão	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Portabilidade	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Ajuste de altura	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Utilização sobre o vaso sanitário	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Apoio para braços escamoteável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Apoio para pés removível e ajustável	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

9. Com relação à solução apresentada para a cadeira de banho, marque quanto você concorda com cada uma das afirmativas abaixo:

	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Nem concordo, nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Poderia beneficiar e melhorar a qualidade de vida	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Poderia facilitar a atividade do banho	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

	Discordo totalmente	Discordo parcialmente	Nem concordo, nem discordo	Concordo parcialmente	Concordo totalmente
Poderia facilitar as transferências	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
As funcionalidades são intuitivas e fáceis de aprender	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Seria de fácil utilização e ajuste	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
É adaptável a diferentes espaços físicos e ambientes	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
As funcionalidades apresentam inovação	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Eu recomendaria esta cadeira	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

10. Quais foram os principais BENEFÍCIOS que você percebeu a partir da solução apresentada?

11. Quais foram suas principais PREOCUPAÇÕES com relação à solução apresentada?

12. De forma geral, como você avalia sua SATISFAÇÃO COM O CONCEITO apresentado para a cadeira de banho?

- Insatisfeito(a).
- Pouco satisfeito(a).
- Mais ou menos satisfeito(a).

- Bastante satisfeito(a).
- Totalmente satisfeito(a).

13. Com relação ao DESIGN do produto, marque a afirmativa que mais se aproxima da sua opinião geral:

- Não gostei de nada.
- Não gostei da maioria dos aspectos.
- É mediano, gosto de aproximadamente metade dos aspectos.
- É em sua maioria bom, há apenas algumas coisas de que não gosto.
- É muito bom, gosto de praticamente tudo a respeito dele.

14. Caso tenha mais algum comentário ou sugestão, fique à vontade para compartilhar aqui!

APÊNDICE G – DEFINIÇÕES DAS CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

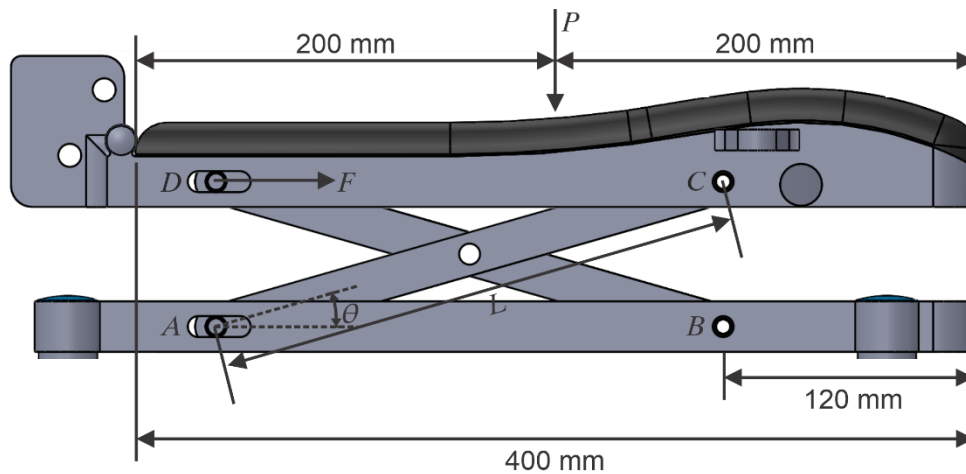
CT	Definição	Medidas para melhoria
Diâmetro das rodas dianteiras	Comprimento de qualquer segmento de reta que passa pelo centro da circunferência mais externa da roda dianteira.	Deve atingir o melhor compromisso entre suporte de carga, facilidade de giro e esforço despendido pelo usuário.
Número de graus de liberdade	Quantidade mínima de números reais necessários para determinar completamente o estado físico do sistema.	Os rodízios devem ser giratórios, para permitir livre rotação em relação ao eixo perpendicular ao solo. Podem ser utilizados rolamentos blindados, que fornecem maior proteção contra corrosão e mantêm a lubrificação por mais tempo, prolongando a vida útil.
Coeficiente de atrito dinâmico	Grandeza adimensional que indica a resistência ao deslizamento de duas superfícies em contato.	Deve ser mantido dentro de uma faixa de valores que evitem o deslizamento, mas que não exijam esforços excessivos por parte do usuário para movimentação.
Diâmetro das rodas traseiras	Comprimento de qualquer segmento de reta que passa pelo centro da circunferência mais externa da roda traseira.	Deve ser grande o suficiente para permitir que o indivíduo consiga se impulsionar sem auxílio. Os pneus podem ser maciços ou pneumáticos, e devem ser acompanhados de aros de propulsão.
Taxa de corrosão	Perda de massa do material metálico por unidade de superfície, em um certo intervalo de tempo.	Deve ser minimizada, o que pode ser realizado através da adição de elementos de liga (como cromo ou molibdênio no caso de estruturas de aço inoxidável) ou da condução de tratamento superficial.
Potencial eletroquímico	Tendência de uma espécie química adquirir elétrons (sofrer redução).	Em um ambiente sujeito à ação da água, a corrosão ocorre em decorrência do ganho de elétrons pelo oxigênio dissolvido. Assim, o potencial de redução do íon metálico deve ser o mais próximo possível de, preferencialmente maior que, aquele do $O_2 + H_2O$.
Índice de compactação	Razão entre os volumes ocupados pela estrutura nas configurações de uso (máximo) e dobrada (mínimo).	Dado que o volume na configuração de uso não será muito diferente daquele de uma cadeira comercial, o volume na configuração dobrada deve ser o menor possível, maximizando o índice. A estrutura (chassi) não pode prejudicar o encaixe sobre o vaso sanitário. A compactação pode ser alcançada aproximando-se as laterais entre si e dobrando-se o encosto.

CT	Definição	Medidas para melhoria
Número de módulos	Quantidade de partes e acessórios desmontáveis ou removíveis.	Deve atingir um compromisso entre adaptabilidade a diferentes ambientes/situações e facilidade de uso, uma vez que um número excessivo de componentes avulsos pode prejudicar o armazenamento e a montagem. Podem ser criados “compartimentos” na própria cadeira para posicionamento dos itens na configuração dobrada.
Variação na distância do assento ao chão	Faixa de posições em que o assento da cadeira de banho pode ser verticalmente posicionado.	Deve possibilitar utilização com diferentes vasos sanitários e facilitar as transferências para a cama. O ajuste deve ser realizado pelo próprio usuário, e a localização do mecanismo não pode afetar o encaixe sobre o vaso sanitário nem prejudicar a estabilidade.
Largura da estrutura	Distância perpendicular entre as superfícies internas das laterais, que permitirão encaixe sobre o vaso sanitário.	Deve permanecer dentro da faixa de valores que permitam passagem da cadeira pelas portas da residência e encaixe na maioria dos vasos sanitários.
Variação na distância do apoio ao assento	Faixa de posições verticais em que o apoio para os pés pode ser posicionado.	Deve permitir a regulagem pelo próprio usuário, facilitar a higiene dos pés e proporcionar apoio para indivíduos com diferentes alturas, mas sem prejudicar a estabilidade estrutural.
Área de contato entre pé e apoio	Área superficial do apoio que fica em contato com os pés, proporcionando suporte.	Deve ser maximizada para fornecer maior segurança, com formato anatômico para melhor posicionamento e de um material com rugosidade superficial suficiente para evitar que o pé escorregue, sem gerar desconforto.
Variação no ângulo entre o apoio e a horizontal	Faixa de medidas angulares possíveis entre o apoio para os braços e uma linha horizontal imaginária.	Deve ser ampla para facilitar transferências, reposicionamentos na cadeira e a higiene de regiões pouco acessíveis, como as partes íntimas.
Densidade da espuma do assento	Massa de matéria-prima por unidade de volume.	Utilização de um material que reduza a incidência de úlceras de pressão, como espumas de poliuretano, polietileno expandido ou gel, mas que não afunde ou ceda definitivamente sob o peso do usuário.
Taxa de condutividade térmica	Taxa temporal de transmissão de energia sob a forma de calor através de um material.	Deve ser minimizada nas áreas da cadeira em contato direto com o usuário, de forma a evitar desconfortos térmicos decorrentes da temperatura da água do banho (caso esteja muito quente ou muito fria). Isso pode ser alcançado por meio da utilização de um material de revestimento.

CT	Definição	Medidas para melhoria
Área da superfície de contato	Área da interface entre o assento e o usuário, caracterizada pelo contato direto entre as duas superfícies.	Deve ser maximizada para promover conforto e sensação de segurança. Está associada à distribuição de pressão no assento, que deve ter a magnitude minimizada, sobretudo nas regiões da pele mais sensíveis e mais propícias ao surgimento de úlceras de pressão.
Número de cantos vivos	Quantidade de variações bruscas de seção transversal, que podem gerar concentração de tensões na estrutura e/ou desconforto para o usuário.	Otimização da geometria e do acabamento superficial das regiões mais críticas e em contato direto com o usuário.
Posição do centro de gravidade	Coordenadas do centro de gravidade do conjunto usuário-cadeira em um plano paralelo ao plano anatômico sagital, considerando o cenário mais crítico (inclinação para a frente ou para os lados).	Deve possibilitar que o somatório dos momentos se aproxime do valor nulo, de forma a evitar instabilidades decorrentes do movimento do usuário para alcançar objetos e higienizar áreas mais distantes. Pode ser modificada em função de fatores como tamanho e posicionamento das rodas, geometria da estrutura, mecanismos utilizados e configuração adotada para as regulagens.
Deslocamento involuntário	Variação na posição do usuário no assento ao longo de um intervalo de tempo.	Deve ser minimizado de forma a permitir o posicionamento seguro do usuário, evitando o escorregamento e facilitando o escoamento da água, mas sem prejudicar a estabilidade estrutural. Isso pode ser alcançado por meio de um assento com formato ergonômico ou de uma leve inclinação do conjunto encosto-assento para trás.
Índice de absorção de água	Variação percentual entre a massa do componente úmido (após o banho) e a massa do componente seco (antes do banho).	Deve ser minimizado para evitar surgimento de fungos e bactérias. Pode envolver a utilização de um material de revestimento sobre a espuma do assento, como PVC, poliamida ou borracha.

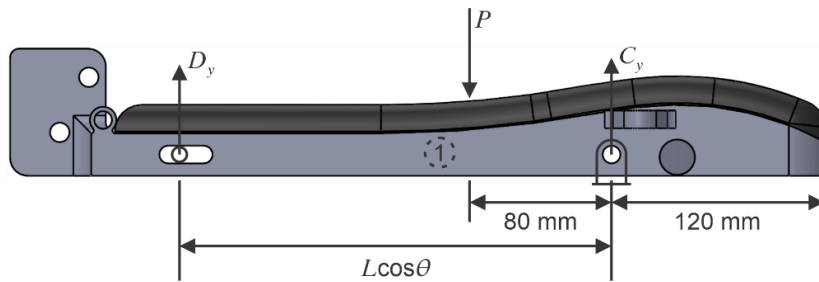
APÊNDICE H – DIMENSIONAMENTO DO MECANISMO DE ELEVAÇÃO

A figura abaixo ilustra a geometria característica e os carregamentos atuantes no sistema responsável pela elevação do conjunto encosto-assento da cadeira de banho. A força P representa o peso do usuário, enquanto que a força F indica o esforço necessário pelo atuador (nesse caso o parafuso de potência) para realizar a elevação do sistema.



Vamos desenhar o diagrama de corpo livre e deduzir as equações de equilíbrio para a barra superior (assento) e para as duas barras em “X”.

Barra 1:



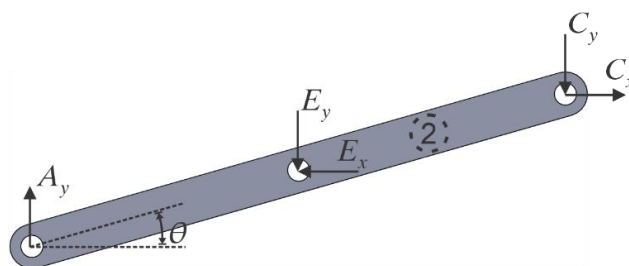
$$\sum M_C = 0: \quad D_y L \cos \theta - 80P = 0$$

$$\sum F_y = 0: \quad C_y + D_y = P$$

$$D_y = \frac{80P}{L \cos \theta} \quad (I)$$

$$C_y = P - \frac{80P}{L \cos \theta} \quad (II)$$

Barra 2:



$$\sum F_x = 0:$$

$$C_x = E_x$$

$$\sum M_A = 0:$$

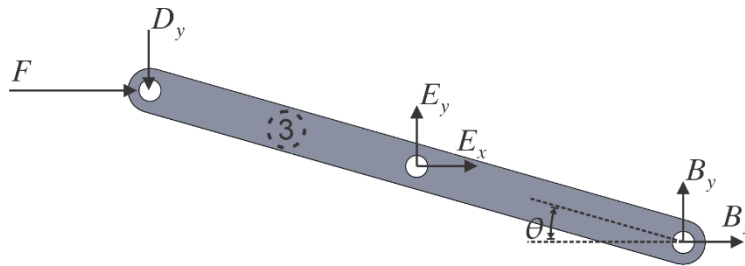
$$E_x \frac{L}{2} \sin \theta - E_y \frac{L}{2} \cos \theta - C_y L \cos \theta - C_x L \sin \theta = 0$$

Substituindo C_x e dividindo ambos os lados por L , temos:

$$\frac{E_x}{2} \sin \theta - \frac{E_y}{2} \cos \theta - C_y \cos \theta - E_x \sin \theta = 0$$

$$\boxed{C_y \cos \theta = -\frac{E_x}{2} \sin \theta - \frac{E_y}{2} \cos \theta} \quad (\text{III})$$

Barra 3:



$$\sum M_B = 0:$$

$$FL \sin \theta - D_y L \cos \theta + \underbrace{E_y \frac{L}{2} \cos \theta + E_x \frac{L}{2} \sin \theta}_{\text{da equação (III): } -C_y L \cos \theta} = 0$$

Dividindo ambos os lados por L e substituindo a equação, temos:

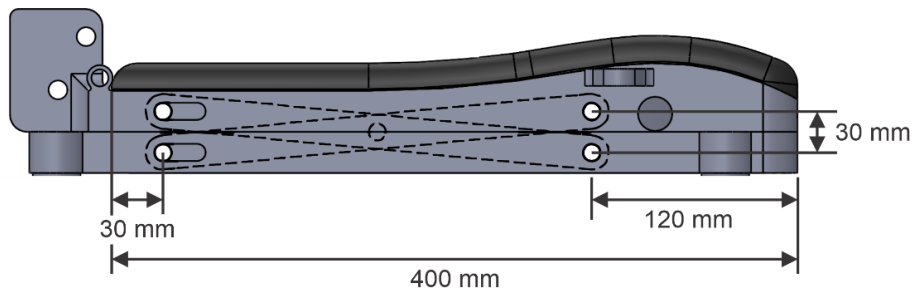
$$F \sin \theta - D_y \cos \theta - C_y \cos \theta = 0$$

$$F \sin \theta - \underbrace{(D_y + C_y)}_{\text{da equação (II): } P} \cos \theta = 0$$

$$F \sin \theta = P \cos \theta$$

$$\boxed{F = \frac{P}{\tan \theta}} \quad (\text{IV})$$

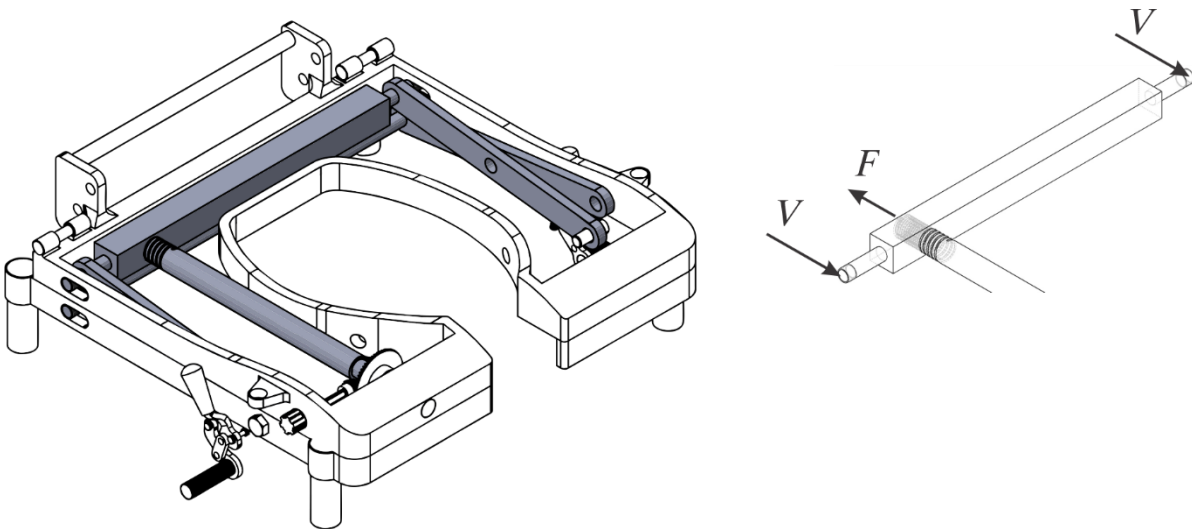
Segundo a equação (IV), temos que a força necessária para o acionamento do mecanismo é inversamente proporcional à tangente do ângulo θ . Portanto, o cenário mais crítico (força máxima) ocorre quando o ângulo é mínimo, ou seja, quando o sistema se encontra na posição mais baixa. Assumindo uma massa de 150 kg distribuída ao longo do assento da cadeira, temos:



$$F_{m\acute{a}x} = \frac{m \times g}{\tan \theta_{m\acute{i}n}} = \frac{1500 \times 10}{\frac{30}{(400 - 120 - 30)}} = \frac{1500}{0,12}$$

$$F_{m\acute{a}x} = 12500 \text{ N}$$

O par de barras em “X” está presente em ambas as laterais da cadeira de banho, de forma que a conexão de um lado para o outro se dá por meio de um eixo na parte inferior e um eixo com rosca interna na parte superior, por meio do qual ocorre o acionamento. Em decorrência de tal configuração, esquematizada na figura abaixo, cada eixo está submetido a cisalhamento duplo, de forma que, no equilíbrio, $2V = F$. Logo, a tensão de cisalhamento média na seção vale:



$$\tau_m = \frac{V}{A} = \frac{F}{2 \frac{\pi d^2}{4}} = \frac{2F}{\pi d^2}$$

Sabe-se que o coeficiente de segurança N pode ser entendido como a razão entre a tensão de ruptura e a tensão média atuante. Assim, temos:

$$N = \frac{\tau_r}{\tau_m} = \frac{\pi d^2 \tau_r}{2F}$$

$$d = \sqrt{\frac{2FN}{\pi \tau_r}}$$

Considerando a tensão de ruptura por cisalhamento para o alumínio $\tau_r = 207$ MPa (MATWEB, [s.d.]), o diâmetro mínimo do eixo foi calculado para diversos valores de N , conforme apresentado na tabela a seguir. No entanto, segundo a norma NBR 15646, os coeficientes de segurança para componentes estruturais de plataformas elevatórias para acessibilidade não podem ser inferiores a 2,1 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2016). Portanto, foi selecionado o diâmetro

comercialmente disponível de 12 mm para compor os eixos e pinos do mecanismo de elevação.

Coefficiente de segurança	Diâmetro mínimo (mm)	Diâmetro comercial (mm)
2	8,77	9,53
3	10,74	12,00
4	12,40	12,70
5	13,86	14,29

Para o dimensionamento do parafuso de potência, realizou-se um processo iterativo em que, partindo de uma proposta inicial de fuso comercial, calculou-se a eficiência e os torques necessários para elevar e abaixar a carga de interesse de acordo com as equações V, VI e VII abaixo (NORTON, 2013). Além disso, para cada configuração de parafuso, foi verificada a condição de autotravamento, atendida caso a desigualdade da inequação VIII fosse satisfeita. O significado de cada variável está descrito na tabela a seguir, assim como os valores adotados no projeto.

$$e = \frac{1 - \mu \tan \lambda}{1 + \mu \cot \lambda} \quad (\text{V})$$

$$T_{\text{subir}} = \frac{F d_p (\mu \pi d_p + L \cos \alpha)}{2 \pi d_p \cos \alpha - \mu L} + \mu_c F \frac{d_c}{2} \quad (\text{VI})$$

$$T_{\text{descer}} = \frac{F d_p (\mu \pi d_p - L \cos \alpha)}{2 \pi d_p \cos \alpha + \mu L} + \mu_c F \frac{d_c}{2} \quad (\text{VII})$$

$$\mu \geq \frac{L}{\pi d_p} \cos \alpha \quad (\text{VIII})$$

Grandeza	Definição	Valor adotado
d_p	Diâmetro primitivo do parafuso	Variável e obtido de catálogo
d_c	Diâmetro médio do colar axial	Variável e obtido de catálogo
α	Ângulo da rosca	14,5° (rosca Acme)
L	Avanço da rosca	Igual ao passo (partida única)
λ	Ângulo de avanço	$\tan^{-1} \left(\frac{L}{\pi d_p} \right)$
μ	Coeficiente de atrito entre o parafuso e a rosca	0,15
μ_c	Coeficiente de atrito no colar axial	0,02 (aço sobre bronze)

Por fim, foram calculadas as tensões atuantes de acordo com as expressões listadas na tabela abaixo (BUDYNAS; NISBETH, 2016). A tensão de von Mises e a tensão de cisalhamento máxima foram utilizadas para verificar se o parafuso atende aos critérios de falha da máxima energia de distorção e de Tresca. Ambas as teorias sugerem comparações com a tensão de escoamento do material (σ_e).

Grandeza	Fórmula
Tensão axial	$\sigma_a = -\frac{4F}{\pi d_r^3}$
Tensão de flexão na raiz da rosca	$\sigma_b = \frac{0,38 \times 6F}{\pi p d_r}$
Tensão de cisalhamento	$\tau = \frac{16T_{subir}}{\pi d_r^3}$
Tensões principais	$\sigma_1 = \sigma_b; \quad \sigma_2 = \frac{\sigma_a}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_a}{2}\right)^2 + \tau^2}; \quad \sigma_3 = \frac{\sigma_a}{2} - \sqrt{\left(\frac{\sigma_a}{2}\right)^2 + \tau^2}$
Tensão de von Mises	$\sigma_{vm} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$
Máxima energia de distorção	$\sigma_{vm} < \sigma_e$
Tensão de cisalhamento máxima	$\tau_{max} = \frac{\sigma_1 - \sigma_3}{2}$
Critério de Tresca	$\tau_{max} < \frac{\sigma_e}{2}$

Uma planilha foi elaborada no software Microsoft Excel® para facilitar os cálculos com diversas opções de parafusos comercialmente disponíveis. O catálogo do fabricante Thomson foi consultado para obtenção das especificações de fusos com roscas Acme e unidades métricas (THOMSON INDUSTRIES, 2020). Considerou-se o aço inoxidável 316 como material constituinte do parafuso de potência, com tensão de escoamento $\sigma_e = 240$ MPa. A tabela a seguir reúne os principais resultados obtidos. Todos os parafusos analisados atenderam à condição de autotravamento. As células destacadas em vermelho indicam que os parafusos correspondentes sofreriam falha quando submetidos ao cenário de carregamento estipulado. Portanto, o fuso de

24 mm foi selecionado para o projeto, por proporcionar maior segurança durante o uso, acompanhada por um pequeno aumento no torque requerido.

Diâmetro (mm)	Passo (mm)	Eficiência (%)	Torque subida (Nm)	Torque descida (Nm)	Tensão de von Mises (MPa)	Tensão de cisalhamento máxima (MPa)
10	2	31,00	15,33	7,18	714,83	412,56
10	3	41,30	16,95	4,72	733,25	408,85
12	3	36,47	19,12	6,89	481,29	276,02
12	4	44,22	20,75	4,44	545,38	296,03
16	4	36,47	25,07	8,77	269,71	154,77
16	5	42,42	26,70	6,32	290,43	160,83
20	4	31,00	29,42	13,12	177,73	102,54
24	5	31,96	35,37	15,00	121,88	70,36

O último passo para o dimensionamento do mecanismo de elevação consistiu no cálculo do conjunto de engrenagens cônicas responsável pela mudança de eixo, possibilitando o acionamento por manivela na lateral da cadeira. A relação de transmissão entre as engrenagens pode ser expressa pela equação abaixo, em que z , ω e T representam, respectivamente, o número de dentes, a velocidade angular e o torque.

$$n = \frac{z_{coroa}}{z_{pinhão}} = \frac{\omega_{pinhão}}{\omega_{coroa}} = \frac{T_{coroa}}{T_{pinhão}}$$

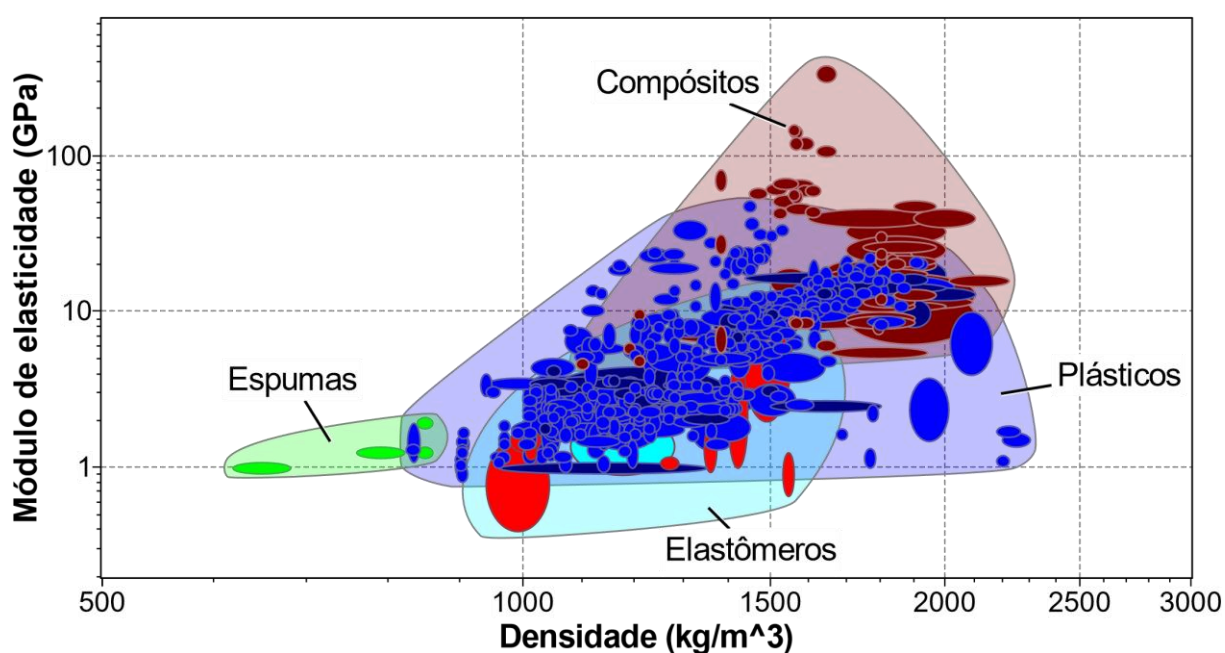
É desejável minimizar o esforço requerido pelo usuário para executar a elevação. Portanto, o torque na manivela deve ser reduzido, o que pode ser alcançado utilizando-se a engrenagem maior (coroa) no parafuso de potência e a menor (pinhão) no eixo da manivela. Assim, temos:

$$T_{pinhão} = F_u \times b = \frac{T_{coroa}}{n}$$

O braço de alavanca b utilizado foi de 200 mm, enquanto que o torque na coroa T_{coroa} corresponde ao torque para levantamento da carga, previamente calculado (35,37 Nm para o fuso de 24 mm). Uma relação de transmissão $n = 4$ permite que a força necessária pelo usuário para realizar a elevação de 150 kg seja de 44,22 N. Os números de dentes da coroa e do pinhão foram selecionados de forma a atender a essa relação e a satisfazer as restrições geométricas e espaciais do modelo. Portanto, foram adotados $z_{coroa} = 60$ e $z_{pinhão} = 15$.

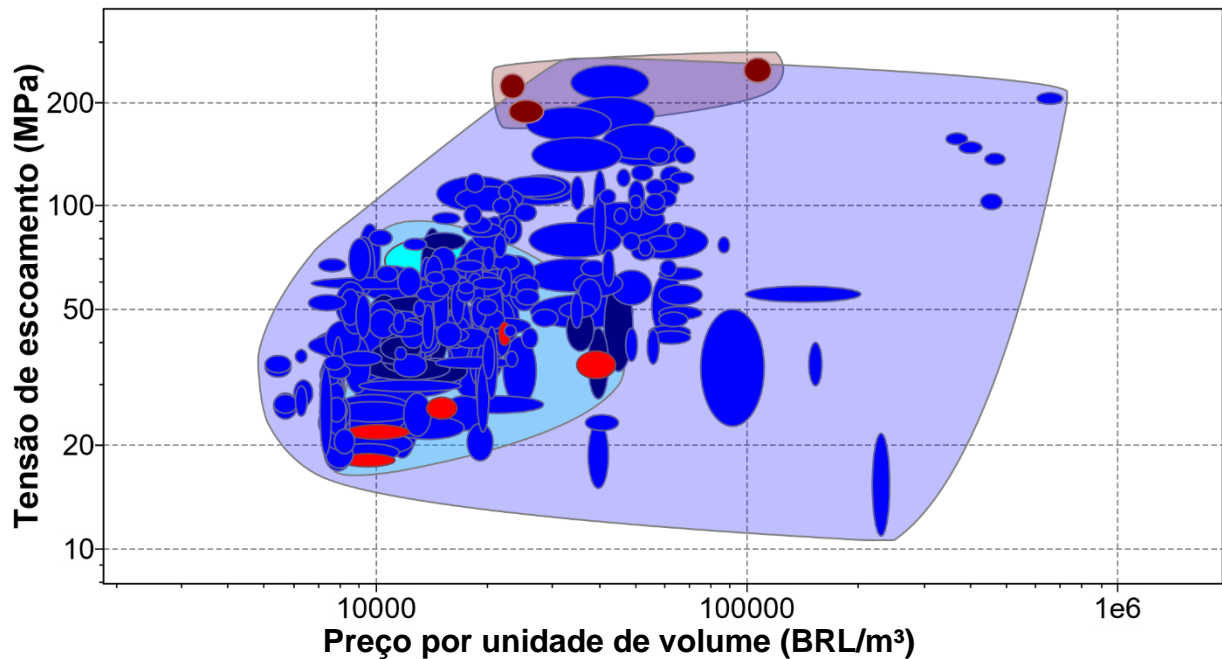
APÊNDICE I – ESCOLHA DO MATERIAL PARA OS APOIOS

Para seleção do material a compor os apoios, tomou-se como base o apoio para os pés, por estar submetido a um cenário mais crítico de carregamento e consistir em um componente que não atende às especificações da norma nas cadeiras de roda comerciais. Inicialmente partiu-se do critério de que deveria ser um polímero resistente à água. A aplicação de tal filtro ao software de seleção retornou um total de 4026 materiais disponíveis. Em seguida, foram analisados os diagramas de Ashby, buscando-se opções que fornecessem baixa densidade e elevado módulo de elasticidade, garantindo baixas deformações. A figura abaixo apresenta os resultados obtidos com módulo de elasticidade superior a 1 GPa (522 materiais). Para cada material, a gama de propriedades que podem ser obtidas é representada pela nuvem de pontos. Os “envelopes” indicados correspondem às famílias dos polímeros.



Nessa etapa, observou-se a presença de materiais compósitos, caracterizados por uma matriz polimérica reforçada com fibras. Portanto, optou-se também pela adoção de um filtro quanto ao tipo de processo de fabricação empregado, de forma a considerar apenas materiais que possam ser processados por meio de moldagem por injeção, possibilitando baixos custos e produção em massa. O passo seguinte consistiu na análise de outro diagrama de Ashby, relacionando o custo por unidade

de volume com a tensão de escoamento do material, conforme apresentado na figura abaixo.



Selecionando as opções com preços abaixo de R\$10000,00/m³, tem-se 26 opções de materiais, separados em seis tipos diferentes, que atendem a todos os critérios estabelecidos. São eles:

- PET (politereftalato de etileno)
- PP (polipropileno)
- MABS (metacrilato de metila-acrilonitrila-butadienoestireno)
- PF (fenol-formaldeído)
- PVC (policloreto de vinila)
- PE-HD (polietileno de alta densidade)

As seis opções obtidas através das análises dos diagramas de Ashby foram investigadas mais a fundo visando maior entendimento acerca de suas aplicações mais comuns e propriedades específicas. Após esse estudo, o MABS e o PVC foram excluídos, resultando em quatro materiais com potencial para o cenário de interesse. O método do custo por unidade de propriedade foi então empregado para uma análise quantitativa comparativa entre as opções. Esse método foi aplicado para a tensão de escoamento e para o módulo de elasticidade, conforme as equações a seguir, em que C é o custo do material por unidade de massa e ρ é a sua densidade (FARAG, 2020):

$$\text{Custo por unidade de tensão} = C \times \frac{\rho}{S} \text{ e } \text{Custo por unidade de rigidez} = C \times \frac{\rho}{E}$$

Como o objetivo é comparar os materiais entre si, optou-se por utilizar nas equações o custo por unidade de massa relativo ao invés do absoluto, de forma que foi considerado o valor “1” para o material mais barato. As tabelas abaixo apresentam os valores obtidos para os custos por unidade de propriedade de cada material.

Material	σ_e (MPa)	ρ (kg/m³)	C (R\$/kg)	Custo relativo	Custo por unidade de tensão (MPa)
PET (semicristalino)	67,5	1385	5,495	1	20,52
PP (homopolímero, 40% de fibra de vidro)	74,05	1220	7,885	1,435	23,64
PE-HD (30% de fibra de vidro)	45,55	1230	8,430	1,534	41,42
PF (com algodão)	44,15	1400	7,520	1,368	43,38

Material	E (GPa)	ρ (kg/m³)	C (R\$/kg)	Custo relativo	Custo por unidade de rigidez (GPa)
PET (semicristalino)	2,93	1385	5,495	1	472,70
PP (homopolímero, 40% de fibra de vidro)	7,63	1220	7,885	1,435	229,45
PE-HD (30% de fibra de vidro)	5,52	1230	8,430	1,534	341,82
PF (com algodão)	8,615	1400	7,520	1,368	222,31

Somando os resultados das duas análises, tem-se os seguintes valores:

- PET: 493,22
- PP: 253,09
- PE-HD: 383,24
- PF: 265,69

É desejável que o custo por unidade de propriedade seja o mínimo possível. Portanto, o polipropileno em sua forma de homopolímero, com 40% de reforço de fibra de vidro, foi selecionado para compor os apoios da cadeira de banho.

APÊNDICE J – ANÁLISE POR ELEMENTOS FINITOS DOS APOIOS

O estudo de convergência conduzido resultou nas configurações de malhas descritas na Tabela J-1, totalizando 198.619 elementos para o apoio de braços e 71.049 elementos para o apoio de pés.

Tabela J-1 – Descrições das malhas de cada componente dos apoios

	Apoio pés		Apoio braços			
	Pedal	Suporte	Apoio polimérico	Apoio metálico	Lingueta	Catraca
Elementos	18.326	52.723	65.579	54.805	18.323	59.912
Nós	28.318	86.185	98.768	85.551	27.581	89.012

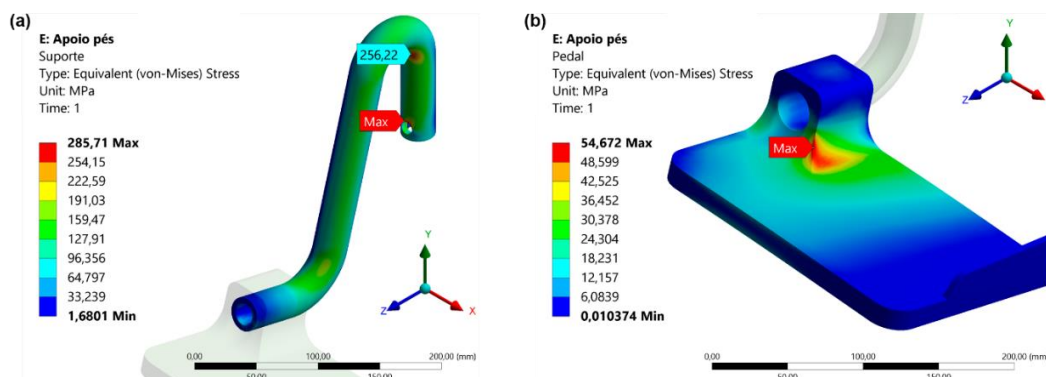
Fonte: elaborado pela autora.

Aplicando tais malhas, as propriedades dos materiais presentes na Tabela 17 e as condições de contorno previamente detalhadas na seção 3.10, foram obtidos os resultados das simulações. Com relação ao apoio para os pés, a máxima tensão de von Mises prevista no componente metálico ultrapassava a tensão de escoamento da liga de alumínio selecionada, sugerindo falha, e ocorriam deslocamentos excessivos (da ordem de 200 mm). Para contornar esse problema, a seção transversal inicialmente adotada foi iterativamente alterada, de forma a proporcionar segurança e não introduzir aumentos desnecessários na massa do componente, considerando as opções comercialmente disponíveis em catálogos de fabricantes. Dessa forma, a configuração final adotada foi de uma seção transversal tubular, com 28,58 mm de diâmetro externo e 5 mm de espessura de parede. A distribuição da tensão de von Mises pode ser observada na Figura J-1, apresentando valores máximos de 285,7 MPa (coeficiente de segurança $N = 1,2$) para o componente metálico (suporte) e 54,7 MPa ($N = 1,3$) para o componente polimérico (pedal). Tais valores são inferiores às tensões de escoamento dos materiais, correspondentes a 336 MPa e 74 MPa, respectivamente. Portanto, o apoio para os pés projetado atende aos requisitos estabelecidos pela norma.

Além da tensão equivalente, a deformação do apoio também foi analisada, apresentando um valor máximo de 26,4 mm (Figura J-2). Tal deslocamento é cerca

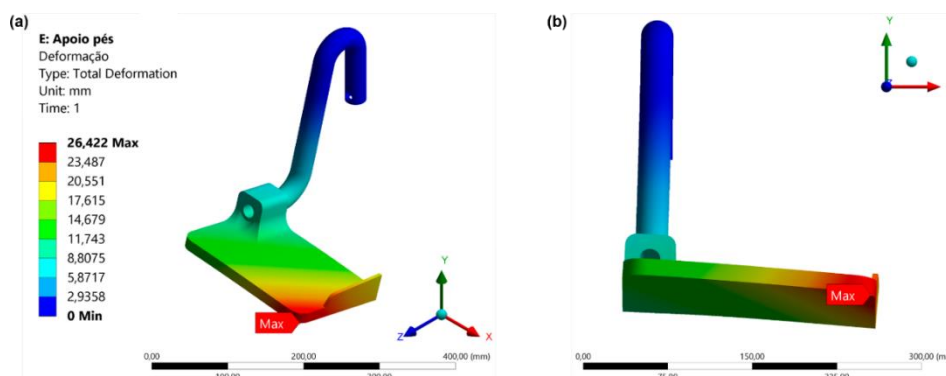
de sete vezes menor do que o observado em uma análise numérica semelhante, realizada para uma cadeira de rodas comercial (MARQUES et al., 2021).

Figura J-1 – Tensões de von Mises atuantes no apoio para o pé



Fonte: elaborado pela autora.

Figura J-2 – Deformação do apoio para o pé mediante carregamento aplicado

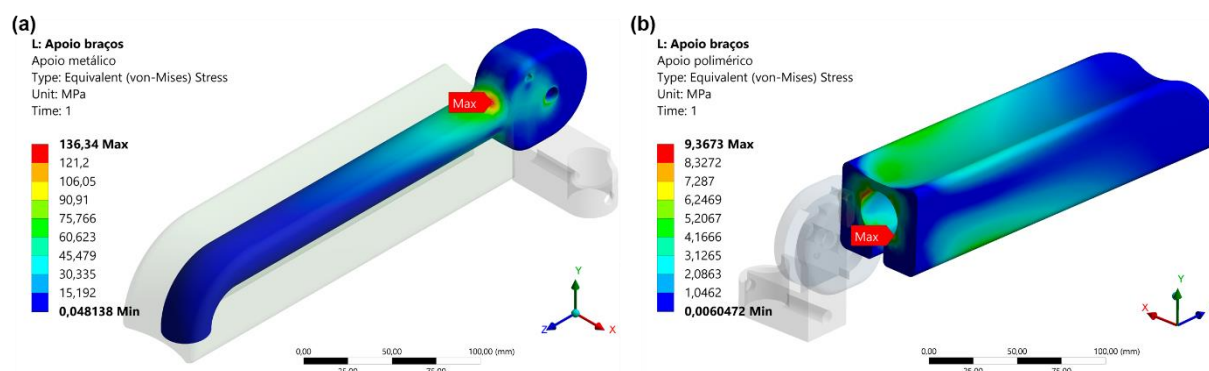


É possível observar as vistas (a) isométrica e (b) frontal. O mesmo mapa de calor se aplica a ambas as imagens, e a escala de visualização é verdadeira, de forma que a configuração deformada não se encontra ampliada. Fonte: elaborado pela autora.

Para as simulações dos apoios para os braços, foi inicialmente adotada no componente metálico a mesma seção transversal tubular que já havia sido previamente validada para o apoio para os pés. Com essa configuração, observou-se que o apoio em si suportava os carregamentos com segurança e apresentava baixa deformação. Portanto, havia margem para aumentar o seu comprimento, proporcionando maior superfície de contato com o braço do usuário. Tal modificação foi realizada, monitorando-se as variáveis de interesse de forma a evitar prejuízos à integridade estrutural dos componentes e às etapas de compactação da cadeira. Assim, chegou-se à uma configuração final 40 mm mais longa do que a original, apresentando tensões máximas de von Mises de 136,3 MPa ($N = 2,5$) e 9,4 MPa ($N =$

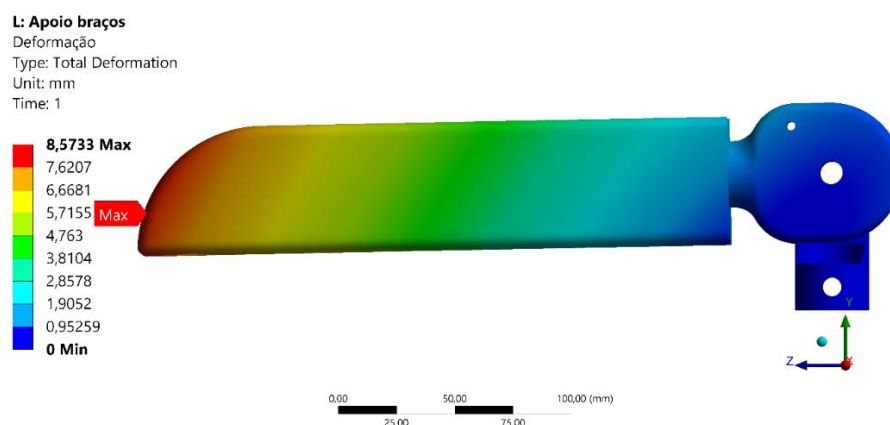
7,9) para os componentes metálico e polimérico, respectivamente, conforme ilustrado na Figura J-3. A deformação máxima observada foi de 8,6 mm (Figura J-4).

Figura J-3 – Tensões de von Mises atuantes no apoio para os braços



Pode-se observar (a) o componente metálico, que dá suporte ao apoio, e (b) o componente polimérico, que de fato entra em contato com o indivíduo. É importante destacar que as partes estão dispostas em orientações diferentes, conforme representado pelos sistemas de coordenadas de cada imagem, para melhor visualização das regiões críticas. Fonte: elaborado pela autora.

Figura J-4 – Vista lateral da deformação do apoio de braço mediante carregamento aplicado

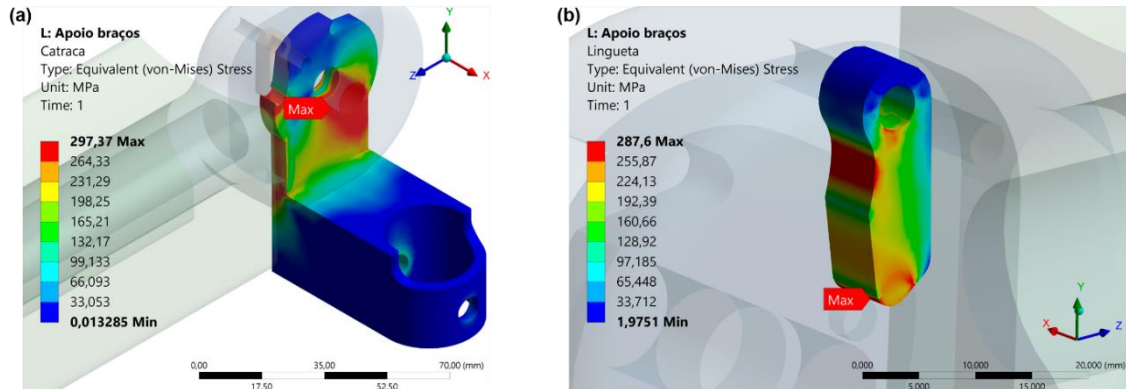


Fonte: elaborado pela autora.

Apesar da segurança prevista no apoio, observou-se que o conjunto catraca-lingueta, responsável pela rotação e trava do sistema, estava sujeito à falha. Buscou-se, portanto, efetuar mudanças nas geometrias de tais componentes para reduzir a máxima tensão de von Mises atuante. Nesse sentido, Liu et al. (2021) conduziram análises experimentais e numéricas em quatro diferentes geometrias de catracas, observando que a configuração com maior área de contato e maior fator de seção originou as menores tensões. Tomando tal estudo como base, o perfil do conjunto foi iterativamente modificado, até que se atingisse um cenário seguro, resultando em

tensões máximas de 297,4 MPa ($N = 1,1$) e 287,6 MPa ($N = 1,2$) para a catraca e a lingueta, respectivamente (Figura J-5).

Figura J-5 – Tensões de von Mises atuantes no mecanismo de trava do apoio para os braços



É possível observar (a) a catraca e (b) a lingueta em orientações diferentes para melhor visualização. Fonte: elaborado pela autora.

Mesmo com a publicação da norma técnica ISO 7176 e sua tradução, é possível observar certo descaso por partes dos fabricantes com os requisitos estabelecidos (MARQUES et al., 2021). Por exemplo, o INMETRO publicou um relatório em que analisa experimentalmente a conformidade de oito marcas diferentes de cadeiras de rodas manuais, de fabricação nacional e destinadas ao público adulto até 100 kg (INSTITUTO NACIONAL DE METROLOGIA QUALIDADE E TECNOLOGIA, 2013). Para o apoio de pé, apenas uma das cadeiras analisadas atendeu ao carregamento sugerido pela norma. Quando todos os requisitos de estabilidade e integridade estrutural foram analisados em conjunto, nenhum dos modelos investigados mostrou-se conforme. Embora tal relatório seja relativamente antigo, Marques et al. (2021) buscaram atualizar as conclusões do estudo, conduzindo uma análise numérica de uma cadeira de rodas amplamente comercializada no Brasil e obtendo o mesmo resultado final de não adequação à norma. Tais constatações reforçam a importância da seleção apropriada e sistemática dos materiais constituintes de cada componente e da simulação computacional como ferramenta de aprimoramento do projeto antes da manufatura.