

Gabriel Moraes de Bem

**PARÂMETROS DE FABRICAÇÃO DE SÍMBOLOS PARA
MAPAS TÁTEIS ARQUITETÔNICOS**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de mestre em Arquitetura e Urbanismo.

Orientadora: Profa. Dra. Regiane Trevisan Pupo

Florianópolis

2016

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor,
através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Bem, Gabriel Moraes de
Parâmetros de fabricação de símbolos para mapas táteis
arquitetônicos / Gabriel Moraes de Bem ; orientadora,
Regiane Trevisan Pupo - Florianópolis, SC, 2016.
204 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Santa
Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em
Arquitetura e Urbanismo.

Inclui referências

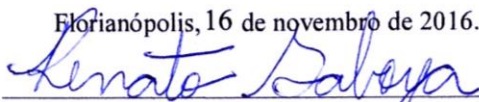
1. Arquitetura e Urbanismo. 2. Símbolos de mapas táteis.
3. Acessibilidade. 4. Prototipagem digital. I. Pupo,
Regiane Trevisan. II. Universidade Federal de Santa
Catarina. Programa de Pós-Graduação em Arquitetura e
Urbanismo. III. Título.

Gabriel Moraes de Bem

PARÂMETROS DE FABRICAÇÃO DE SÍMBOLOS PARA MAPAS TÁTEIS ARQUITETÔNICOS


Esta dissertação foi julgada e aprovada perante banca examinadora de trabalho final, outorgando ao aluno o título de Mestre em Arquitetura e Urbanismo, área de concentração Projeto e Tecnologia do Ambiente Construído, do Programa de Pós Graduação em Arquitetura e Urbanismo da UFSC.

Florianópolis, 16 de novembro de 2016.




Prof. Renato Tibiriçá de Saboya, Dr.
Coordenador do Curso

Banca Examinadora:



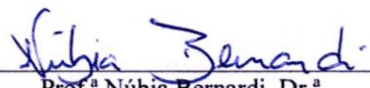
Prof.ª Regiane Trevisan Pupo, Dr.ª
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina – PósARQ



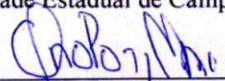
Prof.ª Marta Dischinger, PhD.
Universidade Federal de Santa Catarina - PósARQ



Prof.ª Vera Helena Moro Bins Ely, Dr.ª Eng.
Universidade Federal de Santa Catarina – PósARQ (Videoconferência)



Prof.ª Núbia Bernardi, Dr.ª
Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP



Prof.ª Ana Verônica Paz y Mino Pazmino, Dr.ª
Universidade Federal de Santa Catarina – EGR

AGRADECIMENTOS

À minha família, que sempre apoiou a minha dedicação aos estudos, em especial à minha irmã, Roberta Moraes de Bem, que soube entender todos os momentos de aflição, concedendo o estímulo e suportes necessários para encorajamento;

À professora Regiane Trevisan Pupo, que desde 2012 acreditou na minha pesquisa, ainda quando aluno matriculado em disciplina isolada no programa. Professora essa que soube entender os momentos de baixo desempenho nos estudos, mas também reconhecer conquistas exponenciais ao longo do caminho, as quais resultaram em estímulo para o encaminhamento dos estudos e a participação em congressos e eventos;

Às professoras Marta Dischinger e Vera Helena Moro Bins Ely, pelas orientações extraoficiais em momentos decisivos;

À ACIC (Associação Catarinense para Integração do Cego), em especial aos professores Maristela Sartorato Bianchi (gerente técnica), que sempre me recebeu, orientou e encaminhou minhas solicitações aos responsáveis, Igomar Zucchi e Luiza Sagaz Magalhães (professores de orientação e mobilidade), que me trouxeram muitos esclarecimentos e contribuições acerca das vivências em mobilidade, Jairo da Silva (presidente da associação) o qual concedeu o estímulo inicial para início dos estudos sempre apoiando as solicitações encaminhadas e demais colaboradores da instituição;

Ao Marcelo Fernandes de Oliveira, pesquisador da Divisão de Tecnologias Tridimensionais do CTI Renato Archer pela materialização do protótipo e Gilberto Martini, aluno de graduação curso de Design da UFSC, pelo auxílio na materialização digital do protótipo.

Aos amigos e colegas da pós-graduação pelo companheirismo, amizade e auxílio nessa conquista.

À secretária do PósARQ, em especial à Mariany Cristine Souza pela prontidão no encaminhamento dos processos.

A todos que de alguma forma contribuíram para a realização desse compromisso social.

RESUMO

Estudos comprovam que mapas e maquetes táteis são ferramentas válidas como auxílio à mobilidade de pessoas com deficiência visual, porém, a sua utilização é praticamente nula pela população de cegos no Brasil. Embora, de acordo com a Norma Brasileira de Acessibilidade, esse tipo de instalação seja uma exigência a ser cumprida em edificações de acesso público, há poucas orientações quanto à sua fabricação, caracterização dos relevos táteis e informações sobre quais elementos da arquitetura devam ser representados. Os objetivos desta pesquisa são: identificar de que maneira devem ser representados símbolos, linhas, texturas, letras em relevo e o braile em mapas táteis; identificar o estado da arte desses mapas, suas especificações de fabricação, sua utilidade; e analisar, dentre 05 técnicas de prototipagem digital (impressão 3D baseada em pó, corte a laser, sinterização seletiva a laser, *fused deposition modeling* e impressão a jato de fotopolímero), qual delas apresenta o melhor resultado. Para o desenvolvimento da pesquisa foram aplicados dois métodos conjugados: pesquisa-ação e painel de especialistas, que contou com a participação de usuários cegos e com baixa visão nas entrevistas e na avaliação do protótipo fabricado. Como resultado da pesquisa, foi possível determinar um padrão de representação dos relevos táteis que atenda aos requisitos de fabricação, além de validar a PolyJet como a tecnologia mais apropriada para esse tipo de representação. Sobretudo, tais resultados podem ainda subsidiar uma normalização quanto às representações dos elementos nos mapas táteis.

Palavras-chave: Símbolos de Mapas Táteis. Prototipagem Digital. Acessibilidade.

ABSTRACT

Studies prove that tactile maps and tactile models are valid tools as an aid to mobility for visually impaired users. However, their use is almost unknown by blind people in Brazil. According to the Brazilian Standard of Accessibility their installation is a requirement to be fulfilled in public access buildings, however, there are few guidance to their manufacture, characterization of the tactile reliefs and also none information about which elements of the architecture should be represented. The objective of this research is to identify how symbols, lines, textures, raised letters and braile have to be represented in tactile map. Furthermore it aims to: identify the state of the art of tactile maps and their manufacturing specifications, the utility of tactile maps, and also, to examine among five types Digital Prototyping technologies (3D Printing, Laser cutter, Selective Laser Sintering, Fused Deposition Modeling and Photopolymer Jet Printer) to evaluate which one offers the best result. In this study were applied two methods for the development of the research: action research and expert panel, which included the participation of blind and low vision users in interviews and evaluation of the fabricated prototype. As a result of the research was possible to determine a pattern of representation of tactile reliefs that meets the manufacturing requirements, and to validate PolyJet as the most appropriate technology for this type of representation. Above all, these results can subsidize a normalization for the elements representation in tactile maps

Keywords: Tactile Map Symbols. Digital Prototyping. Accessibility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema de impressão 3D baseada em pó	31
Figura 2 - Esquema de impressão com sinterização seletiva a laser	32
Figura 3 - Esquema de impressão com corte a laser	33
Figura 4 - Esquema de impressão <i>fused deposition modeling</i>	34
Figura 5 - Esquema de impressão PolyJet	36
Figura 6 - Protótipo reproduzindo as texturas utilizadas na produção artesanal de mapas táteis	39
Figura 7 - Mapa do Brasil em 3D	39
Figura 8 - Recorte da obra Bandeirinha, de Alfredo Volpi, prototipado pelo método de CNC	40
Figura 9 - Aparelho auditivo	41
Figura 10 - Prótese	41
Figura 11 - Órtese (exoesqueleto)	42
Figura 12 - Simulação pré-operatória	42
Figura 13 - Simulação pré-operatória	43
Figura 14 - Suporte tátil no aeroporto Charles De Gaulle	50
Figura 15 - Tipos de linhas	66
Figura 16 - Leitura de cruzamento de linhas	68
Figura 17 - Linhas de melhor discernimento	69
Figura 18 - Variação de bordas e padrões nos elementos	72
Figura 19 - Formato atual da edificação	74
Figura 20 - Forma simplificada da edificação	74
Figura 21 - Texturas	75
Figura 22 - Símbolos pontuais	77
Figura 23 - Caracterização mínima de diferenciação de símbolos	78
Figura 24 - Detectabilidade de contorno de símbolos com mesmo formato	78
Figura 25 - Semelhança entre símbolos sólidos e ocos	79
Figura 26 - Variações de formatos não diferenciáveis	79
Figura 27 - Símbolos pontuais com melhor nível de detectabilidade	80
Figura 28 - Arranjo geométrico dos pontos em Braille	81
Figura 29 - Ciclo para condução da pesquisa-ação	88
Figura 30 - Esquema metodológico	90
Figura 31 - Palavras mais recorrentes	106
Figura 32 - Maquete - tátil corte a laser	110
Figura 33 - Maquete tátil - impressão em pó	110
Figura 34 - Maquete tátil híbrida - vista	112
Figura 35 - Maquete tátil híbrida - detalhe	112
Figura 36 - Maquete tátil do pavimento térreo	114

Figura 37 - Maquete tátil do laboratório de acessibilidade	114
Figura 38 - Maquete Tátil do pavimento superior.....	115
Figura 39 - Mapa tátil em impressão 3D colorida.....	116
Figura 40 - Legenda - mapa tátil	117
Figura 41 - Desenho do mapa em corte a laser	119
Figura 42 - Legenda e edificações existentes.....	119
Figura 43 - Impressora FDM <i>Sethi3D</i> 1.75mm	124
Figura 44 - Protótipo digital - planta.....	128
Figura 45 - Protótipo digital - perspectiva	128
Figura 46 - Protótipo impresso em FDM	130
Figura 47 - Connex 350 - <i>Objet-Stratasys</i>	131
Figura 48 - Protótipo digital - planta.....	142
Figura 49 - Protótipo digital - perspectiva	143
Figura 50 - Protótipo impresso em PolyJet - fotopolímero	144
Figura 51 - Detalhe do protótipo impresso em PolyJet - fotopolímero	145
Figura 52 - Representação esquemática do protótipo impresso	153
Figura 53 - Análise do protótipo pelos revisores braile	155

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Sugestões de representação das informações no mapa	56
Quadro 2 - Elevação dos relevos táteis	70
Quadro 3 - Altura dos relevos táteis	71
Quadro 4 - Altura dos relevos táteis	71
Quadro 5 - Critério de representação dos símbolos táteis	71
Quadro 6 - Critério de representação para testes de detectabilidade	80
Quadro 7 - Diretrizes para fabricação dos elementos táteis	82
Quadro 8 - Estruturação das etapas da pesquisa	89
Quadro 9 - Critério de caracterização dos usuários	92
Quadro 10 - Resultado da exclusão das referências repetidas	103
Quadro 11 - Análise das tecnologias utilizadas nos estudos de caso ..	121
Quadro 12 - Critérios adotados na impressão em FDM	125
Quadro 13 - Autores e ano de publicação dos critérios originais adaptados	132
Quadro 14 - Critérios de elevação para impressão	133
Quadro 15 - Critérios adotados na impressão em PolyJet	134
Quadro 16 - Ficha técnica do protótipo	141
Quadro 17 - Painel de especialistas	146
Quadro 18 - Resultado da avaliação dos revisores	156
Quadro 19 - Parâmetros de representação de símbolos de uso	165
Quadro 20 - Parâmetros de representação de símbolos pontuais	166
Quadro 21 - Parâmetros de representação de linhas	167
Quadro 22 - Parâmetros de representação de texturas	168
Quadro 23 - Parâmetros de representação de letras em relevo	169
Quadro 24 - Parâmetros de representação do braille	169
Quadro 25 - Categorias de avaliação para criação de elementos táteis	170
Quadro 26 - Análise das cinco tecnologias utilizadas nos estudos de caso	171

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - Classificação geral dos resultados	105
--	-----

LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1 - Relação entre os tópicos de avaliação e categorias de entrevistas	147
Diagrama 2 - Relação entre os elementos impressos e as categorias de avaliação	149

LISTA DE SIGLAS

- 2D – Duas dimensões
2,5D – Duas dimensões e meia
3D – Três dimensões
3DP – Impressão 3D (*3D printing*)
ACIC – Associação Catarinense para Integração do Cego
ATBCB - *Architctural and Transportation Barriers Compliance Board*
BDTD - Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações
CAE – Coordenadoria de Acessibilidade Educacional
CAD – *Computer Aided Design*
CAP – Centro de Produção de Recursos Didáticos para Alunos com Deficiência Visual
CAPES – Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CEJA – Centro de Educação de Jovens e Adultos
CENPRA – Centro de Pesquisas Renato Archer
CNC – Comando Numérico Computadorizado (*Computer Numeric Control*)
CTI – Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer
CUMINCAD - *Cumulative Index of Computer Aided Architectural Design*
DEDALUS – Banco de Dados Bibliográficos da Universidade de São Paulo
DII - *Derwent Innovations Index*
DPME – Departamento de Material Especializado
FCEE – Fundação Catarinense de Educação Especial
FDM – *Fusion Deposition Modeling*
GPS – Sistema de Posicionamento Global
IBC – Instituto Benjamin Constant
ISO – International Organization for Standardization
J-STAGE - *Japan Science and Technology Information Aggreathor Eletronic*
LABTATE – Laboratório de Cartografia Tátil e Escolar
LAMONT – Laboratório de Modelos Tridimensionais
LAPAC – Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção
MDF – *Medium Density Fiberboard*
MEC – Ministério da Educação
MIT - *Massachusetts Institute of Technology*
MoMA – *Museum of Modern Art*

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora
OM – Orientação e Mobilidade
PRONTO 3D – Laboratório de Prototipagem e Novas Tecnologias Orientadas ao 3D
PLA – Ácido Polilático
PVC – Policloreto de Polivinila
SLS – Sinterização Seletiva a laser (*Selective Laser Sintering*)
TA – Tecnologia Assistiva
UFSC – Universidade Federal de Santa Catarina
UNICAMP – Universidade Estadual de Campinas

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	23
1.1	JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA	24
1.2	PERGUNTA DE PESQUISA.....	26
1.3	OBJETIVOS	26
1.3.1	Objetivo geral.....	26
1.3.2	Objetivos específicos	26
1.4	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO	26
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	29
2.1	PROTOTIPAGEM DIGITAL	29
2.1.1	Tecnologias e materiais	29
2.2	TECNOLOGIAS ASSISTIVAS.....	36
2.3	A PROTOTIPAGEM DIGITAL E A INCLUSÃO SOCIAL..	38
2.4	MOBILIDADE.....	43
2.4.1	Conceitos de rotas e referenciais (<i>landmarks</i>)	44
2.4.2	Distâncias e direção	45
2.4.3	Informação arquitetônica, orientação e percepção espacial	45
2.4.4	Referenciais arquitetônicos para mobilidade em edificações	48
2.4.5	Metodologia de aprendizagem em orientação e mobilidade para pessoas com deficiência visual.....	50
2.5	MAPAS TÁTEIS.....	53
2.6	CARACTERIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS TÁTEIS	55
2.6.1	Organização formal	60
2.6.2	Etiquetas	61
2.6.3	Legenda.....	62
2.6.4	Tamanho e escala	63
2.6.5	Textos e pictogramas	64
2.6.6	Linhas.....	65
2.6.7	Elevação	70
2.6.8	Pontos.....	73
2.6.9	Superfícies	73
2.6.10	Texturas.....	74
2.6.11	Simbologias.....	76
2.6.12	Símbolos pontuais	77
2.6.13	Braille	81
2.7	MAPAS TÁTEIS E A PROTOTIPAGEM DIGITAL.....	85
3	METODOLOGIA	87
3.1	PESQUISA-AÇÃO	89

3.2	PAINEL DE ESPECIALISTAS.....	90
4	UTILIDADE DOS MAPAS TÁTEIS.....	97
5	REVISÃO SISTEMÁTICA: MAPAS TÁTEIS ASSOCIADOS À PROTOTIPAGEM DIGITAL	101
6	ESTUDOS DE CASO	109
6.1	CASO 1	109
6.2	CASO 2	113
6.3	CASO 3	115
6.4	CASO 4	118
6.5	CASO 5: PESQUISA PRÁTICA	123
6.5.1	<i>Fusion deposition modeling</i>	123
6.5.2	Impressão a jato de fotopolímero - PolyJet	131
7	DIRETRIZES PARA FABRICAÇÃO	163
8	REFLEXÕES FINAIS	173
8.1	CONCLUSÃO GERAL	173
8.2	RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS	176
	REFERÊNCIAS	177
	APÊNDICE A - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido....	185
	APÊNDICE B – Entrevista semiestruturada	189
	APÊNDICE C – Protocolo de busca.....	191
	APÊNDICE D – Protocolo de avaliação do protótipo	195
	ANEXO A – Item 5.11 planos e mapas táteis – NBR 9050:2004... 203	

1 INTRODUÇÃO

O interesse pela presente pesquisa teve seu início no ano de 2012, quando o autor, durante atuação profissional em um escritório de arquitetura, executou as obras de um projeto de acessibilidade para um shopping de Florianópolis, atendendo às exigências do Ministério Público.

Na ocasião, foram desenvolvidos dispositivos táteis, até então inexistentes no mercado, que estivessem de acordo com as especificações da NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), no que diz respeito ao tamanho da cela braile, formatação das letras em relevo e que, ainda, possuíssem características semelhantes ao design de interiores da edificação, como por exemplo, cores e materiais. Dentre os dispositivos, destacam-se os elementos para sinalização de portas de elevadores, anéis de corrimão, sinalização de sanitários e fitas para demarcação de degraus.

Parte dos elementos desenvolvidos demandou sucessivos testes de fabricação e posterior análise e aprovação por pessoas com deficiências visuais, tanto vinculadas à Associação Catarinense para Integração do Cego (ACIC)¹, quanto por alunos com deficiência visual da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), sob orientação da pedagoga em educação especial, Patrícia Muccini Schappo, membro coordenador da Coordenadoria de Acessibilidade Educacional (CAE) da mesma instituição.

Contudo, o projeto ainda exigia a elaboração de um mapa tátil da edificação. Após consulta à NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), percebeu-se que a norma não continha informações suficientes para a elaboração desse mapa. Sendo

¹ ACIC é uma organização não governamental (ONG) sem fins lucrativos e de caráter socioassistencial, fundada em 1977 por um grupo de pessoas cegas que percebeu a necessidade de mobilizar essa parcela da população a fim de que se tornassem visíveis em todas as instâncias sociais. Seu atendimento abrange pessoas com deficiência visual de todo o estado de Santa Catarina, com a prestação de serviços nas áreas de habilitação, reabilitação, profissionalização, cultura, esporte e lazer. Além disso, dentre outros fins, a ACIC procura articular junto ao poder público municipal, estadual e nacional, bem como junto às entidades privadas e/ou congêneres, em nível local, estadual, nacional e internacional, políticas que assegurem a questão social, a proteção e a defesa da cidadania da pessoa com deficiência (ACIC, 2016?).

assim, iniciou-se uma pesquisa sobre os métodos e características de fabricação de mapas táteis cartográficos, em especial, aqueles desenvolvidos pelo Laboratório de Cartografia Tátil e Escolar da UFSC (LABTATE), os quais foram indicados pela ACIC.

Dessa forma, o autor entrou em contato com a professora doutora Ruth Emília Nogueira do departamento de geociências da UFSC, criadora e coordenadora do LABTATE, em busca de informações e orientações a respeito da sua elaboração. Além disso, o autor buscou informações de cunho psicológico com o professor doutor Adriano Henrique Nuernberg, associado ao departamento de psicologia da mesma instituição, atuante nas áreas de estudo sobre deficiência.

Com as informações obtidas, juntamente com os materiais disponibilizados on-line no site do LABTATE, o autor desenvolveu uma planta térrea do shopping com características artesanais, intrínsecas aos métodos cartográficos consultados, fazendo uso de papel-cartão, barbantes, cola e tesoura. O mapa desenvolvido foi disponibilizado para testes a um usuário vinculado à ACIC, obtendo-se como resposta o estímulo necessário para o desenvolvimento da presente dissertação quando, pela primeira vez em seis anos de visitação ao shopping, acompanhado de sua esposa, o usuário conseguiu compreender a sua configuração espacial.

Em um primeiro momento, a pesquisa teve como objetivo desenvolver o mapa tátil do shopping em questão, contudo, percebeu-se a necessidade de proporcionar o contato dos usuários com os mapas táteis durante o processo de aprendizagem das técnicas de orientação e mobilidade, na própria instituição de ensino, a ACIC. Dessa forma fez-se um levantamento métrico da edificação para que fosse possível reproduzir suas características em um mapa tátil, utilizando-se os parâmetros desenvolvidos na dissertação. Porém, em virtude do tempo disponível para a realização da pesquisa, a condução dos estudos limitou-se à elaboração dos parâmetros e à sua validação, para que isso possa ser replicado futuramente na fabricação de mapas táteis.

1.1 JUSTIFICATIVA E RELEVÂNCIA

Indivíduos com deficiência visual necessitam de uma correta informação sobre a organização espacial do entorno que lhes possibilite desenvolver um percurso autônomo e confiante. A utilização de instrumentos que simulem a realidade volumétrica pode representar um envolvimento significativamente positivo entre usuário e ambiente (BERNARDI et al., 2009). Ainda, de acordo com Arthur e Passini

(2002), a orientação espacial está relacionada à capacidade de uma pessoa determinar a sua localização no espaço, criando um mapa mental, que não é exatamente um mapa, mas uma representação metafórica de um lugar e que contém informações relevantes para a orientação espacial de uma pessoa.

A partir do dia 02 de dezembro de 2004, o Decreto n. 5.296 obriga as edificações de uso público a atender às regras estabelecidas na NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004) para a promoção da acessibilidade. Edificações de acesso público, tais como shoppings, aeroportos, rodoviárias, escolas e universidades caracterizam-se pela dificuldade na seleção da informação, devido ao seu excesso e intenso fluxo de pedestres (DISCHINGER; BINS ELY, 2010² apud BRANDÃO, 2011), o que acaba por dificultar o entendimento espacial e, por consequência, a mobilidade dos usuários, em especial daqueles com algum tipo de deficiência visual. Com o objetivo de facilitar a orientação dos usuários no interior das edificações, a norma sugere a instalação de mapas táteis (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015). Porém, como pode ser visto no Anexo A do presente estudo, há poucas orientações quanto à elaboração de um mapa tátil, deixando em aberto aspectos como: a) quais símbolos devem ser utilizados no mapa; b) de que forma devem ser representados os elementos; c) que tipo de material pode ser utilizado para sua confecção; d) como representar a arquitetura da edificação; e e) quais usuários devem atender.

Partindo desse panorama, com vistas ao atendimento ao disposto na NBR 9050, esta pesquisa se limita a criar parâmetros para fabricação de símbolos para mapas táteis, justificada pela lacuna existente na NBR citada.

Por intermédio da elaboração de parâmetros de representação de símbolos, linhas, texturas, letras em relevo e braile, busca-se uma padronização na elaboração dos elementos táteis, algo que consequentemente contribuirá para o aprendizado da leitura desses elementos, trazendo ao alcance dos usuários uma linguagem única, legível e universal a ser adotada nas representações.

² DISCHINGER; M.; BINS, Ely. Como criar espaços mais acessíveis para pessoas com deficiência visual a partir de reflexões sobre nossas práticas projetuais? In: ALMEIRA PRADO, A. R.; LOPES, M. E.; ORNSTEIN, S. W. **Desenho universal: caminhos da acessibilidade no Brasil**. São Paulo: Annablume, 2010. p. 95-104.

1.2 PERGUNTA DE PESQUISA

A dissertação em questão pretende responder à seguinte pergunta: Como representar os elementos táteis (símbolos, linhas, texturas, letras em relevo e braile) em mapas táteis arquitetônicos de forma a permitir a sua legibilidade e contribuir para orientação de pessoas com deficiência visual?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo geral

Definir critérios e parâmetros de fabricação de símbolos, linhas, texturas, letras em relevo e braile para mapas táteis arquitetônicos a partir da prototipagem digital.

1.3.2 Objetivos específicos

- Identificar o estado da arte dos mapas táteis associados à prototipagem digital;
- Identificar a utilidade dos mapas táteis na orientação espacial por intermédio de uma entrevista com usuários com deficiência visual;
- Caracterizar os elementos táteis empregados na fabricação de mapas táteis;
- Fabricar um protótipo utilizando-se a prototipagem digital com os parâmetros de representação desenvolvidos;
- Validar os parâmetros desenvolvidos por intermédio de uma avaliação com especialistas em revisão de material braile.

1.4 ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação apresenta no seu capítulo **1, INTRODUÇÃO**, o tema da pesquisa, sua delimitação, bem como a justificativa e relevância do estudo, além da pergunta de pesquisa, o objetivo geral e os objetivos específicos. No capítulo **2, REFERENCIAL TEÓRICO**, apresentam-se os temas relacionados à pesquisa e que embasaram o desenvolvimento do estudo. Por sua vez, no capítulo **3, METODOLOGIA**, são apresentados os métodos empregados para cada um dos objetivos. Já o capítulo **4, UTILIDADE DOS MAPAS**

TÁTEIS, apresenta os resultados de uma entrevista realizada com 9 pessoas com deficiência visual acerca da utilização dos mapas táteis para orientação, mobilidade e demais aspectos associados. O capítulo **5, REVISÃO SISTEMÁTICA – MAPAS TÁTEIS ASSOCIADOS À PROTOTIPAGEM DIGITAL**, diz respeito a uma pesquisa sistemática em bases de dados nacionais e internacionais em busca de exemplos da aplicação da prototipagem digital na fabricação de mapas e maquetes táteis. O capítulo **6, ESTUDOS DE CASO**, apresenta 4 exemplos da aplicação da prototipagem digital na fabricação de mapas e maquetes táteis, resultantes da revisão sistemática realizada, e ainda detalha todas as etapas de desenvolvimento da presente pesquisa, caso 5, incluindo a elaboração de parâmetros de representação dos símbolos, linhas, texturas, braile e letras em relevo; a fabricação do protótipo empregando-se a prototipagem digital; a análise de especialistas em revisão de material braile acerca dos elementos impressos no protótipo e o resultado dessa avaliação. Por sua vez, o capítulo **7, DIRETRIZES PARA FABRICAÇÃO**, corresponde aos parâmetros desenvolvidos nessa dissertação e validados pelos revisores braile, além de apresentar demais critérios a serem atendidos quando da elaboração de novos elementos táteis. Por fim, o capítulo **8, REFLEXÕES FINAIS**, traz as considerações acerca dos resultados obtidos com a pesquisa, além de sugestões para novos estudos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

O presente capítulo traz os conceitos e temas relevantes para o embasamento da pesquisa, com uma breve caracterização das tecnologias de prototipagem digital, distinguindo entre as inúmeras existentes aquelas já empregadas na fabricação de mapas e maquetes táteis. O capítulo busca ainda relacionar essa tecnologia com a inclusão social na fabricação de elementos de tecnologia assistiva, além de tratar de aspectos inerentes à mobilidade de pessoas com deficiência visual, incluindo conceitos de percepção espacial e métodos de aprendizagem em orientação e mobilidade. Por fim, são apresentadas questões relativas à fabricação de mapas e maquetes táteis com a prototipagem digital.

2.1 PROTOTIPAGEM DIGITAL

As técnicas de produção automatizadas que se pode fazer uso na arquitetura e construção são comumente denominadas na literatura de Prototipagem Rápida e Fabricação Digital. Contudo, não há uma unanimidade quanto às definições e terminologias adotadas para descrever tais técnicas (PUPO, 2009). Assim sendo, nesta pesquisa adota-se a terminologia apresentada pela mesma autora, sendo: prototipagem digital para os processos aditivos, corte a laser e fresagem que visam à produção de protótipos. Já o termo Fabricação Digital, corresponde às técnicas destinadas à fabricação de formas ou peças finais, com equipamento de controle numérico (CNC), tecnologia essa que não se aplicará nesta pesquisa.

Os processos aditivos, em virtude do estado inicial da matéria prima, são divididos em processos baseados em sólidos, líquidos, pó e lâminas. Os processos subtrativos, com CNC, por exemplo, são caracterizados por utilizarem pequenas brocas ou fresas para desbastar ou cortar o material (PUPO; CELANI 2011).

2.1.1 Tecnologias e materiais

Existem diversas tecnologias de prototipagem digital. As características físicas do modelo é que irão definir sua qualidade e determinar o sucesso ou limitação da tecnologia empregada (PUPO, 2009). A seguir, são apresentas três tecnologias passíveis de utilização na fabricação de mapas e maquetes táteis, cuja aplicação poderá ser vista no capítulo sete, estudos de caso. São ainda apresentadas as tecnologias

de *fused deposition modeling* (FDM), e impressão a jato de fotopolímero (PolyJet), sobre as quais não foram encontrados registros da sua utilização para fabricação de mapas táteis, sendo implementadas nessa pesquisa para a fabricação dos protótipos.

a) Impressão 3D baseada em Pó

Essa tecnologia utiliza um cabeçote de impressão em cores ou não, para aplicar um adesivo líquido, catalisador, também chamado de *binder*, sobre o material (gesso em pó), aglutinando-o. Durante o processo, um rolo dispõe uma camada de pó da bandeja de alimentação para a de construção. Alternadamente, o líquido aglutinante é disposto de acordo com a configuração do objeto em duas dimensões. Esse processo é realizado por camada, até que se tenha o elemento construído na sua totalidade (PUPO, 2009). Ainda de acordo com Pupo (2009), após a fabricação do protótipo é necessária a retirada do material excedente para posterior encaminhamento a uma estação de jateamento, onde será dado um acabamento mais fino e será feita a aspiração do pó residual, que poderá ser utilizado em uma futura impressão. O esquema do processo de impressão pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 - Esquema de impressão 3D baseada em pó



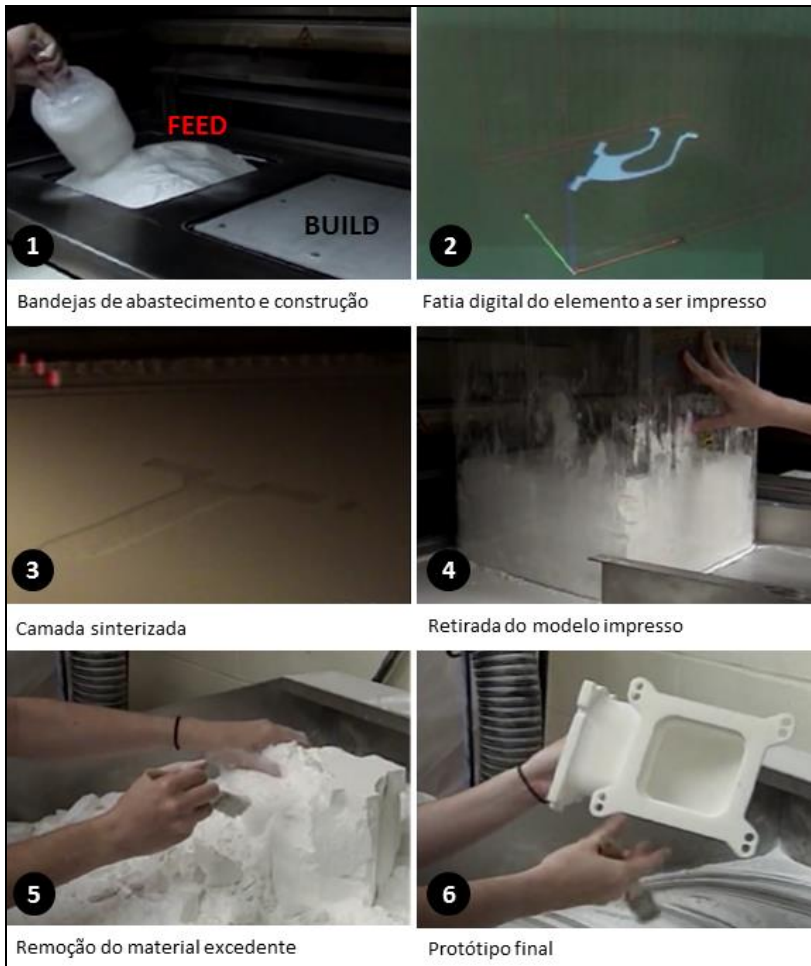
Fonte: adaptado de Pupo (2009).

b) Sinterização seletiva a laser (SLS)

Esse processo de fabricação consiste na sinterização da matéria prima, resina em pó, camada por camada. Uma fonte de laser transforma o pó em sólido por um processo de aquecimento instantâneo que permite que as superfícies se fundam em uma operação de sinterização

(SHODEK, 2005³ apud PUPO, 2009). A Figura 2 apresenta de maneira resumida o processo desde a visualização do produto fatiado à sua materialização.

Figura 2 - Esquema de impressão com sinterização seletiva a laser



Fonte: adaptado de Texas (2012).

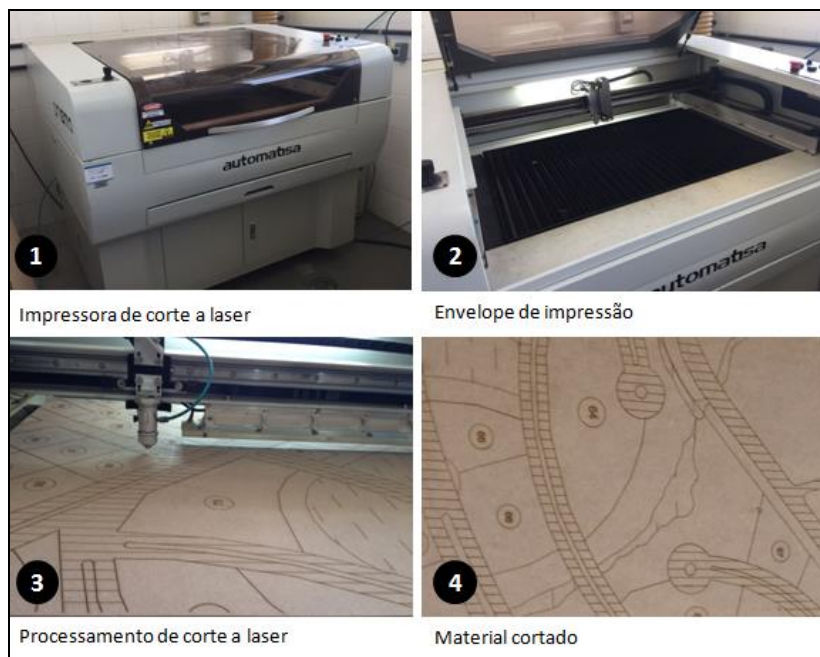
³ SCHODEK, D. et al. **Digital design and manufacturing**. New Jersey: John Wiley and Sons, 2005.

c) Corte a laser

Técnica que consiste no corte automatizado a laser de placas de diversos materiais (madeira, acrílico, MDF (*medium density fiberboard*), papelão, cortiça etc.), com alta definição e velocidade (PUPO; CELANI, 2011).

A Figura 3 representa o processo de corte de uma chapa de MDF.

Figura 3 - Esquema de impressão com corte a laser



Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

d) Fused deposition modeling (FDM)

O processo de deposição por camadas de material fundido baseia-se na extrusão do material plástico derretido, o qual é depositado camada a camada conforme as fatias do produto modelado digitalmente a ser impresso. É composto de um ou mais bicos extrusores, os quais derretem tanto o filamento de ABS ou policarbonato quanto o material de suporte. O filamento de suporte é empregado caso haja partes em

balanço do produto para que suportem a camada superior até que essa tenha resistência autoportante. O cabeçote que derrete o filamento movimenta-se nos eixos x e y enquanto que a base onde o material é depositado movimenta-se no eixo z, de cima para baixo, à medida que é impresso (PUPO, 2009). Um esquema do processo de impressão pode ser observado na Figura 4

Figura 4 - Esquema de impressão *fused deposition modeling*



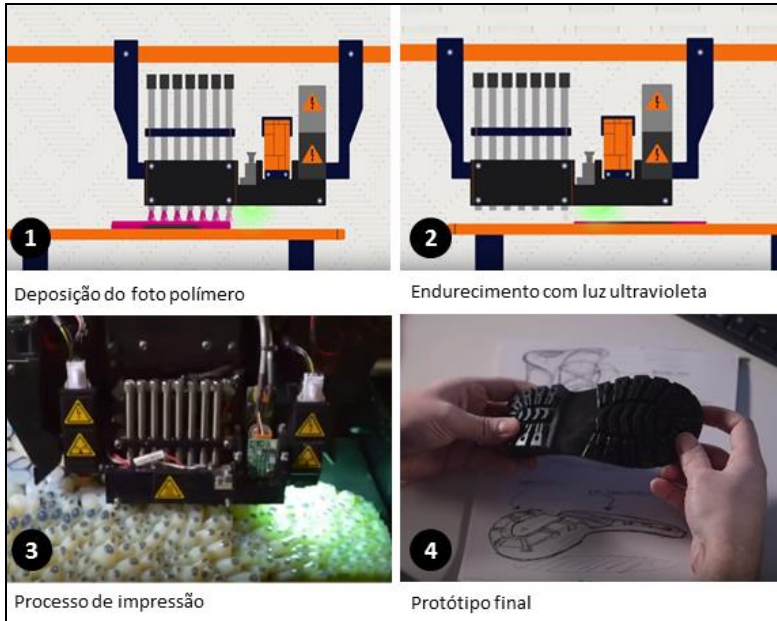
Fonte: adaptado de Solid Concepts (2013).

e) Impressão a jato de fotopolímero (PolyJet)

O processo de impressão a jato de fotopolímero se assemelha ao de uma impressora comum, porém, ao invés dos cartuchos de tinta, há um cartucho com fotopolímero líquido que, após ser depositado na plataforma camada a camada, recebe um banho de luz ultravioleta que promove o seu endurecimento (PUPO, 2009). Essa tecnologia permite a criação tanto de protótipos flexíveis quanto rígidos e nas mais variadas cores (STRATASYS, 2015).

Dependendo a que se destina o protótipo impresso, não é necessário nenhum tratamento pós-processamento, contudo, os fotopolímeros utilizados nessa impressão oferecem uma resistência muito mais baixa que as outras tecnologias, quando na mesma condição ambiental (PUPO, 2009). Um dos fatores que direcionou a escolha por esse tipo de tecnologia é a sua capacidade de impressão com alta resolução, com espessuras de camada de 20 microns e resolução abaixo de 0.0015 polegadas. Além disso, se comparada às demais tecnologias, a PolyJet está à frente quando se considera a precisão, o acabamento e a velocidade de impressão (PUPO, 2009). A Figura 5 apresenta um esquema do funcionamento de uma PolyJet.

Figura 5 - Esquema de impressão PolyJet



Fonte: adaptado de Stratasys (2015).

2.2 TECNOLOGIAS ASSISTIVAS

Caracterizam-se como Tecnologias Assistivas (TA), quaisquer produtos, instrumentos, equipamentos ou tecnologias adaptadas ou especialmente concebidas para melhorar a funcionalidade de uma pessoa com deficiência (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE, 2004).

As tecnologias assistivas abrangem os mais diversos campos de aplicação, atendendo aos seguintes aspectos (DISCHINGER, 2012):

- a) Atividades da vida diária (ex.: talheres adaptados, escovas de cabelo com cabos anatômicos);
- b) Comunicação (ex.: aparelhos auditivos, telefones legendados e com amplificadores);
- c) Educação (ex.: teclados com contraste de cor, lentes de aumento para leitura);

- d) Lazer (ex.: suporte para cartas de baralho, suporte para estabilização do tronco como auxílio para a condução de bicicleta);
- e) Recuperação de funções do corpo (ex.: órteses e próteses);
- f) Restrição de força e alcance de movimento (ex.: pegadores e dispositivos para abertura de tampas roscáveis);
- g) Mobilidade, equilíbrio e postura (ex.: andadores e cadeira de rodas);
- h) Compreensão do espaço (ex.: mapas e maquetes táteis); entre outros.

No que diz respeito às melhorias proporcionadas pelas funcionalidades das TA's, de acordo com Phillips e Zhao (1993⁴ apud HURST; TOBIAS 2011, tradução nossa), os resultados de uma pesquisa com 227 adultos com algum tipo de deficiência e que utilizavam TAs mostraram que praticamente 33% dos dispositivos foram completamente abandonados. Os principais fatores identificados foram: a) falta de envolvimento do usuário na escolha do dispositivo; b) banalização da oferta de dispositivos, os quais muitas vezes não suprem a necessidade dos usuários; c) desempenho do dispositivo, relacionado à facilidade de uso, conforto e segurança; e d) mudança da necessidade do usuário, estilo de vida e redefinição de prioridades, o que muitas vezes torna os dispositivos obsoletos.

Nesse sentido, Hurst e Tobias (2011, tradução nossa) pesquisaram a cultura do “faça você mesmo” e quais as ferramentas poderiam ser aplicadas para criar, modificar ou melhorar a funcionalidade das TA's existentes. Como resultado, a nova geração de equipamentos de prototipagem digital, em condições acessíveis de aquisição, tornou possível aos usuários construir e modificar os dispositivos físicos, a exemplo de acessórios para cadeiras de rodas, próteses e ferramentas de suporte às atividades diárias, aplicadas à alimentação, ao ato de se vestir e acessar o computador, entre outros.

Lipson e Kurman (2010) evidenciam que a escala personalizada de manufatura permite que pessoas sem nenhum tipo de treinamento em marcenaria, serralheria ou até mesmo bordado, fabriquem o seu próprio objeto sem os riscos inerentes ao método tradicional de fabricação (HURST; TOBIAS, 2011).

⁴ PHILLIPS, B.; ZHAO, H. Predictors of assistive technology abandonment. In: **Assistive technology**. Taylor & Francis, 1993. p. 36-45.

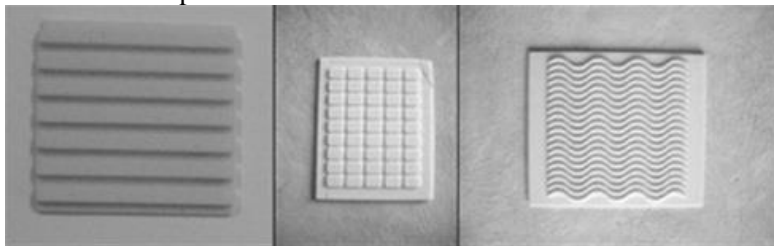
2.3 A PROTOTIPAGEM DIGITAL E A INCLUSÃO SOCIAL

Com relação aos campos de utilização das ferramentas de prototipagem digital, cabe ressaltar que elas estão presentes na engenharia mecânica, arquitetura, produção e marketing, aeronáutica, telecomunicações, medicina, odontologia e eletroeletrônica (OLIVEIRA; FABRICIO, 2011; DINIZ, 2002). Ainda, a prototipagem digital tem subsidiado o desenvolvimento de dispositivos e tecnologias assistivas, que objetivam a inclusão social (BEM et al., 2013).

Dentre suas aplicações, pode-se citar a cartografia tátil, área específica da cartografia direcionada à fabricação de mapas e demais elementos cartográficos que possam ser utilizados por pessoas com deficiência visual (LOCH, 2008). Fatores como a necessidade de padronização dos mapas, a busca pelo processo de fabricação que leve em consideração aspectos como: custo/benefício, estocagem da matriz tátil, vida útil e produtividade da matriz, estimularam os estudos à aplicação das técnicas de prototipagem digital na fabricação de matrizes táteis (FERREIRA; FERREIRA, 2012).

Em um trabalho desenvolvido pelo Instituto Militar de Engenharia do Rio de Janeiro, em 2009, no Laboratório de Modelos Tridimensionais (LAMONT), o processo contou com a fabricação de matrizes táteis com as técnicas aditivas (impressão 3D colorida) e subtrativas (CNC) (Figura 6), para posterior reprodução em películas de PVC (Figura 7). As amostras foram submetidas a testes pelo revisor braile do Departamento de Material Especializado (DPME) do Instituto Benjamin Constant (IBC) (FERREIRA; FERREIRA, 2012). Como resultado do trabalho, os autores obtiveram parecer favorável a respeito da utilização das técnicas de prototipagem para fabricação das matrizes, tendo em vista o reconhecimento das regiões do mapa e relacionando-as às texturas presentes na legenda pelo revisor braile.

Figura 6 - Protótipo reproduzindo as texturas utilizadas na produção artesanal de mapas táteis



Fonte: Ferreira e Ferreira (2012).

Figura 7 - Mapa do Brasil em 3D



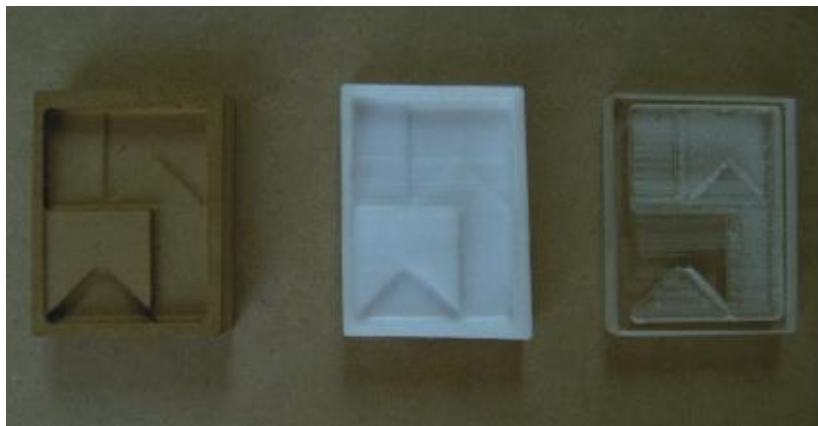
Fonte: Ferreira e Ferreira (2012).

Já no campo da inclusão da arte, tendo em vista que a maneira com que as sensações advindas das obras são transmitidas aos usuários videntes não são as mesmas possíveis de percepção pelos usuários com deficiência visual, surgem iniciativas como as do *Metropolitan Museum of Art* e o *Museum of Modern Art (MoMA)*, ambos de Nova York onde, além da transcrição em braile dos folhetos explicativos, visitas com transcrição verbal e até mesmo a possibilidade de análise tátil de

algumas obras selecionadas permitem uma maior interação dos usuários com deficiência visual (LANG, 2001, tradução nossa).

Seguindo a mesma conduta, em 2011, Pupo e Aranda (2011) desenvolveram uma pesquisa no Laboratório de Automação e Prototipagem para Arquitetura e Construção (LAPAC), da Universidade de Campinas em São Paulo (UNICAMP), com o objetivo de avaliar a eficiência na utilização das técnicas de desbaste (subtrativas), CNC, para reprodução de pinturas em 2,5D que fossem passíveis de leitura e compreensão pelas pessoas com visão subnormal (Figura 8). Como resultados da pesquisa, além de identificar o material mais adequado para sua representação (acrílico e MDF), as autoras obtiveram uma experiência extremamente rica em função da grande aceitação e respeito à pesquisa, especialmente em relação ao anseio dos usuários com deficiência visual em ter contato com a arte e reproduções adaptadas de obras consagradas (PUPO; ARANDA, 2011).

Figura 8 - Recorte da obra Bandeirinha, de Alfredo Volpi, prototipado pelo método de CNC



Fonte: Pupo e Aranda, (2011).

No âmbito das tecnologias assistivas, especificamente na área médica, a prototipagem digital surge no ano de 1991 na odontologia, inicialmente com objetivo didático, e somente mais tarde buscou-se a finalidade cirúrgica (ANTAS, 2007).

A prototipagem digital se faz presente na elaboração de aparelhos amplificadores de som (aparelhos auditivos) personalizados (Figura 9) (ANTONIO; FOGGIATTO, 2011); na fabricação de próteses e órteses

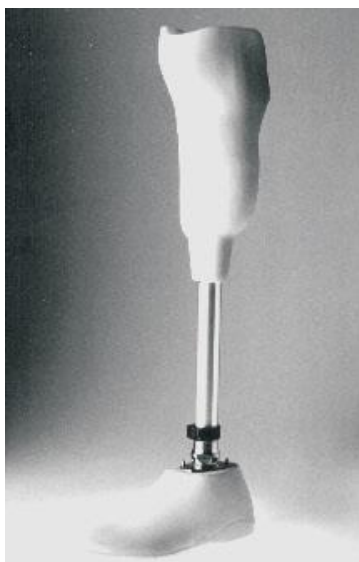
(Figuras 10 e 11); e como ferramenta para o planejamento pré-operatório de procedimentos intra-articulares de osteotomia, mostrado nas Figuras 12 e 13 (HSIEH et al., 2010, tradução nossa).

Figura 9 - Aparelho auditivo



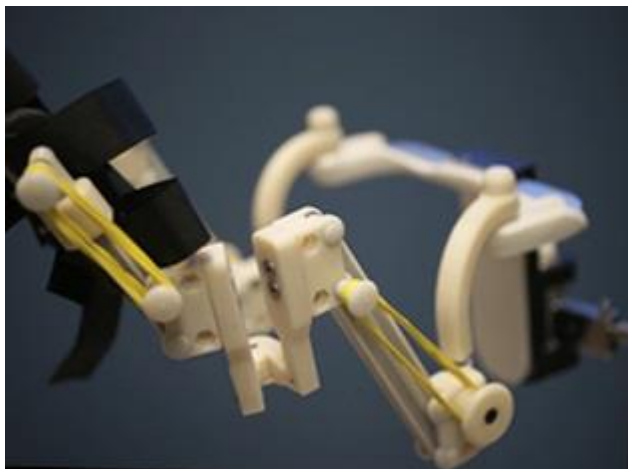
Fonte: Antonio e Foggiatto (2011).

Figura 10 - Prótese



Fonte: Antas (2007).

Figura 11 - Órtese (exoesqueleto)



Fonte: Stratasys [2012?].

Figura 12 - Simulação pré-operatória



Fonte: Hsieh et al. (2010).

Figura 13 - Simulação pré-operatória



Fonte: Hsieh et al. (2010).

Ainda dentro do âmbito da prototipagem digital associada à inclusão social, encontram-se os mapas táteis, os quais serão abordados com maiores detalhes no item 2.5 desta pesquisa. De acordo com o Catálogo Nacional de Produtos para Tecnologia Assistiva, baseado na lista de definições da ISO 9999:2007, os mapas táteis são classificados nos itens 12 e 22, sendo este último relacionado a produtos de apoio para comunicação e informação; e aquele para produtos de apoio para a mobilidade pessoal (MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO, 2012).

2.4 MOBILIDADE

São abordados aqui alguns conceitos relacionados à mobilidade das pessoas com deficiência visual, incluído rotas e referenciais, distâncias e direção, informação arquitetônica, orientação e percepção espacial. Trata-se também de aspectos como referenciais arquitetônicos para mobilidade e uma metodologia de aprendizagem em orientação e mobilidade.

2.4.1 Conceitos de rotas e referenciais (*landmarks*)

Rota é definida conceitualmente como a intenção de movimento no espaço. Uma rota sempre terá um ponto de início e um ponto de término e relaciona-se com três elementos do espaço tempo: direção, distância e duração entre o ponto de partida e o ponto de chegada. Ao longo de uma rota, intenções individuais e eventos concomitantes podem modificar o planejamento inicial para se chegar ao destino, afetando, por sua vez, a direção, as distâncias e a duração da rota (DISCHINGER, 2000, tradução nossa). Uma rota pode ser considerada um movimento dinâmico representado de forma abstrata por uma linha, a qual é constituída por pontos, mudanças de direções entre os dois pontos principais, que são o início e o fim (SPENCER et al. 1989⁵ apud DISCHINGER, 2000, tradução nossa).

O reconhecimento de rotas individuais não é o suficiente para entender as relações espaciais existentes entre os diferentes elementos espaciais e os locais no contexto urbano, por exemplo. É necessária a capacidade de distinção e do entendimento da identidade desses elementos no espaço dentre os demais elementos espaciais existentes, as rotas e os locais. Deve-se relacionar a rota com esses outros elementos, a sua localização e sua posição em relação ao contexto do espaço como um todo. O reconhecimento das relações espaciais existentes entre os elementos, rota e a sua localização depende essencialmente da existência e da percepção dos referenciais, ou *landmarks* (DISCHINGER, 2000).

No processo de mapeamento de um novo ambiente, as pessoas tendem a iniciar o processo pelo reconhecimento de referenciais ou *landmarks*, e usá-los como pontos de ancoragem para posteriormente dar continuidade aos caminhos (ARTHUR; PASSINI, 2002). Ainda, esses referenciais podem ser mais individualizados em virtude da sua importância para o usuário, seja essa pela localização ou função, de acordo com os interesses particulares de cada um. Dessa forma, diferentes elementos no espaço, em função de seus atributos de distinção, função e localização especial irão constituir potenciais pontos de referência ou *landmarks*, permitindo a articulação desses diferentes elementos em uma estrutura coerente (DISCHINGER, 2000).

⁵ SPENCER, C; BLADES; M.; MORSLEY, K. **The child in the physical environment: the development of spatial knowledge and cognition.** John Wiley, Bath, p. 9-11. 1989.

2.4.2 Distâncias e direção

A percepção da distância está relacionada basicamente ao movimento do corpo do indivíduo frente à visualização do espaço em estreita relação com a percepção do tempo (SPENCER et al. 1989 apud DISCHINGER, 2000, tradução nossa). Uma pequena rota constituída de elementos ou eventos interessantes pode ser considerada uma rota longa em comparação com outra fisicamente maior, mas desinteressante (DISCHINGER, 2000).

O grau de dificuldade em se transpor uma rota, seja essa dificultada por limitações do usuário, falta de informações ou ainda trechos de subida e descida influenciam na avaliação da distância dela (DISCHINGER, 2000).

Já com relação à direção, Dischinger (2000) destaca que a noção de direção é duplamente delimitada pela percepção individual do corpo do usuário em relação ao ambiente e pela percepção visual dos objetos e dos locais em relação com outros objetos e locais. A orientação no ambiente depende, em grande parte, das possibilidades de se estabelecer uma relação entre as rotas e entre os referenciais externos.

Nos casos da redução ou falta de informação visual, o senso de direção irá depender apenas das percepções individuais do usuário e da possibilidade de reconhecimento de referenciais externos, como *landmarks* (DISCHINGER, 2000).

2.4.3 Informação arquitetônica, orientação e percepção espacial

Informação arquitetônica, conhecida também como informação do espaço construído, corresponde à informação transmitida pelos ambientes por intermédio das suas características físicas, seus elementos constituintes e a relação entre eles. A identificação, processamento e compreensão dessas informações, requisitos pertencentes ao processo de orientação, estão diretamente ligados à capacidade e experiência do usuário. Contudo, alguns atributos construtivos, como a configuração espacial, a existência de elementos referenciais ou a separação dos espaços de acordo com as suas funções, atuam como facilitadores de leitura do ambiente e podem facilitar ou dificultar a compreensão do espaço (BINS ELY et al., 2002).

A orientação espacial relaciona-se à ação de orientar-se no espaço, representada por diferentes ações, tais como: deslocar-se para frente, controlar a direção do caminhar e o espaço a ser percorrido; o reconhecimento e identificação dos elementos que constituem esse

espaço; o planejamento e execução das rotas a serem percorridas; a interpretação de informações existentes, sejam elas em mapas ou fontes sonoras; e, ainda, a representação mental desse conjunto de elementos (DISCHINGER, 2000). A orientação espacial compreende duas diferentes abordagens intimamente relacionadas: a orientação espacial como fenômeno estático, de abstração (*spatial orientation*); e a orientação espacial como fenômeno dinâmico operacional, ligado ao movimento do indivíduo (*wayfinding*) (BINS ELY et al., 2002).

Já a percepção ambiental, de acordo com Carlin (2004), corresponde àquela que leva o usuário a reconhecer o ambiente edificado como realidade e vivenciá-lo. Por meio dos sentidos, o ambiente é percebido e transformado em espaço simbólico, o qual é processado e representado na mente. A interpretação do espaço simbólico, por intermédio da consciência e do pensamento, levará a uma tomada de decisão e ao comportamento, transformando o espaço arquitetônico em espaço vivencial.

O mesmo processo de representação mental é necessário para a orientação, pois, para orientar-se, é necessário representar mentalmente, abstraindo as características de um arranjo físico para poder situar-se dentro dessa representação. A sistematização mental dessas informações ambientais percebidas pelos indivíduos são usualmente chamadas de “mapas cognitivos” ou “mapas mentais” (BINS ELY et al., 2002).

O princípio de estruturação dos mapas mentais poderá resultar em um mapa sequencial ou em um mapa espacial. No mapa sequencial, o indivíduo relaciona as informações do ambiente como um trajeto a ser percorrido, no qual a ordenação das informações ocorre em função do tempo. No geral, correspondem a ambientes desconhecidos ou com arranjos físicos complexos. Já nos mapas espaciais, a estruturação se desenvolve em função das relações topográficas de importância em detrimento às características geométricas do lugar (BINS ELY, 2004).

A orientação espacial, no sentido dinâmico orientado (*wayfinding*), por sua vez, trata de como os indivíduos se deslocam nos ambientes, ou como encontram em seu destino, mesmo em um espaço desconhecido (BINS ELY et al., 2002).

Apelt et al. (2007, tradução nossa) por sua vez, definem *wayfinding* como um processo sistemático relacionando a uma comunicação efetiva, baseada em uma série de pistas de comunicação entregues por intermédio dos sistemas sensoriais visual, auditivo, tátil e olfativo, subdividindo ainda em quatro elementos primários: a) arquitetônico; b) gráfico; c) auditivo; e d) comunicação tátil. Ainda, outros elementos como aromas culinários (cafés, restaurantes) e plantas

aromáticas e flores também são úteis como ajuda à navegação das pessoas com deficiência visual.

Para que esse processo de comunicação seja eficiente, ele deve prover aos usuários informações para que seja possível (APELT et al., 2007, tradução nossa):

- a) Confirmar a localização, seja de início ou fim de um percurso;
- b) Identificar sua localização internamente a uma edificação ou espaço externo;
- c) Reforçar a informação de que o deslocamento se dá na direção certa;
- d) Orientar-se dentro de um edifício ou espaço externo;
- e) Compreender a sua localização e potenciais locais de risco;
- f) Identificar seu destino na chegada;
- g) Permitir um escape seguro no caso de uma emergência.

Arthur e Passini (2002, tradução nossa) caracterizam a orientação como um processo que envolve as três partes sequenciais a seguir:

- a) Processamento da informação: incorpora procedimentos perceptivos e cognitivos, os quais, juntamente com a tomada de decisão, resultam em parte da resolução de um dos requisitos de orientação. Contudo, se as informações ambientais não permitirem o seu correto entendimento e processamento, o deslocamento dos usuários, ou seja, a execução da decisão será impedida. As complicações no processo de percepção podem ser originadas em virtude de dificuldades momentâneas (motivação, cansaço e estresse), grau de deficiências do usuário (visual, auditiva, motora etc.) e também fatores ambientais que dificultem a obtenção das informações necessárias, como por exemplo, excesso de reflexão luminosa, barulho excessivo, informação visual confusa ou até mesmo incorreta etc.;
- b) A tomada de decisão: corresponde ao progresso da estratégia de ação para se chegar a um destino. Uma vez definida, a estratégia de ação torna-se acessível na memória, pois geralmente estará organizada de forma hierárquica. O número de decisões de uma estratégia de ação determinará o grau de complexidade da atividade, sendo que, quanto mais complexo, maior o esforço mental requerido e conseqüentemente maior também o risco de insucesso;
- c) Execução da decisão: é a aplicação dessa estratégia em uma conduta física no espaço e tempo adequados durante o percurso. O reconhecimento do espaço durante esse processo,

em virtude de um contato prévio, ou ainda, a existência de pontos referenciais, ou *landmarks*, em pontos de tomada de decisão poderá favorecer a execução da decisão.

Para estar orientado, o usuário precisa saber onde está no tempo e no espaço e ainda definir seu próprio deslocamento. Para que isso aconteça, o usuário necessita receber informação do ambiente oriunda da sua configuração arquitetônica e de mensagens adicionais. A configuração abrange características espaciais, tais como: o *layout* e os sistemas de circulação (arranjo físico); a separação das diferentes atividades (zoneamento funcional); e a presença de elementos referenciais. As mensagens adicionais, por sua vez, correspondem às placas de sinalização (informação gráfica); mapas táteis e texturas no piso (informação tátil); avisos sonoros (informação auditiva) e alertas por lâmpadas (informação luminosa) (BINS ELY et al., 2002).

De acordo com os autores citados, percebe-se que orientação espacial é um processo complexo que envolve tanto o usuário e sua capacidade quanto o ambiente e suas características. Ela abrange desde a identificação das fontes de informação, as quais têm origem nos mais variados elementos ambientais que, por sua vez, estão relacionados aos sentidos correspondentes de leitura e percepção. Além disso, a orientação espacial inclui o regime cognitivo empregado no tratamento sistemático dessas informações. Dessa forma, o processo de orientação poderia ser caracterizado como um sistema de fornecimento adequado das informações; a recepção e o entendimento dos dados coletados; a definição das ações; e, por fim, a realização dessa atividade.

2.4.4 Referenciais arquitetônicos para mobilidade em edificações

De acordo com Ethridge (2005⁶ apud BRANDÃO, 2011), aquele que projeta sistemas de orientação para qualquer espaço precisa compreender como projetar para pessoas com deficiência. Segundo Brandão (2011), para a pessoa com deficiência visual há duas situações espaciais de compreensão crítica para sua orientação: a) espaços com excesso de informação, onde a poluição oriunda de abundância de informação, ou até mesmo o grande fluxo de pedestres, dificulta a identificação e seleção de referenciais válidos; e b) locais com ausência

⁶ ETHRIDGE, Ken. Legibility for users with disabilities. In: BERGER, Craig M. **Wayfinding**: designing and implementing graphic navigational systems. Mies (Switzerland): RotoVision, 2005.

de informação onde, em virtude da insuficiência de referenciais, o usuário tende a se perder.

A mesma autora ainda destaca que os elementos de maior importância para orientação espacial das pessoas com deficiência visual são “fixos e verticais”. Porém, internamente a uma edificação também podem ser incluídos como importantes os referenciais sonoros, oriundos de próprios elementos arquitetônicos (uma fonte, por exemplo), ou em função da atividade desenvolvida no local e referenciais olfativos, caracterizando assim praças de alimentação, por exemplo. Outro item destacado por Brandão (2011) diz respeito aos tipos e cores dos materiais empregados na construção do edifício:

Ainda em relação aos espaços internos, cabe ressaltar que também é importante diferenciar elementos como portas, elevadores, etc. Pessoas cegas costumam encontrar portas em ambientes internos tateando-as com a bengala. A reflexão sonora resultante da bengala batendo em dois diferentes materiais (madeira – da porta; e, alvenaria, das paredes) faz com o que o cego reconheça a entrada de uma sala, por exemplo. No caso das pessoas com baixa-visão, diferenciação nas cores do ambiente pode ajudar nesse tipo de reconhecimento. (BRANDÃO, 2011).

Contudo, nem todos os projetos dos estabelecimentos de acesso público foram concebidos com características distinguíveis aos usuários com deficiência visual. Por exemplo: em um corredor de um shopping, onde tanto as vitrines das lojas quanto as portas de acesso são construídos com vidro, é um local que dificulta o mecanismo de reconhecimento sonoro com a batida da bengala. Outro fator prejudicial diz respeito à reflexão sonora existente nesses locais em virtude dos materiais empregados, tanto no piso quanto nas paredes, prejudicando a percepção da localização da fonte emissora, o que torna evidente a despreocupação com relação ao conforto acústico. Fator esse reforçado por Arthur e Passini (2002, tradução nossa):

A pessoa cega ao entrar numa edificação pública, como uma edificação comercial ou de transporte, geralmente acha muito difícil extrair alguma informação sonora útil oriunda do som generalizado desses ambientes. Os barulhos ao fundo anulam as dicas sonoras vindas das fontes sonoras originais além de tornar impossível a

localização pelo eco produzido. Os barulhos no ambiente são também descritos pelos cegos como possuindo um efeito generalizado de desorientação. (ARTHUR; PASSINI, 2002. p. 65, tradução nossa).

Ethridge (2005 apud BRANDÃO, 2011) traz o sistema desenvolvido para a orientação das pessoas com deficiência no Aeroporto Charles De Gaulle, onde há o suporte tátil nos pisos ao alcance das mãos, a instalação de corrimãos e também a disponibilização de mapas táteis, os quais trazem informações do espaço físico do aeroporto, conforme demonstrado na Figura 14.

Figura 14 - Suporte tátil no aeroporto Charles De Gaulle



Fonte: adaptado de Ethridge (2005 apud BRANDÃO, 2011).

Tais resultados mostram que a instalação dos elementos táteis, como mapas, pisos e corrimãos, é mais eficiente para orientação dos usuários, pois baseia-se na percepção tátil, em detrimento à utilização dos demais sentidos em virtude das dificuldades impostas pelo meio.

2.4.5 Metodologia de aprendizagem em orientação e mobilidade para pessoas com deficiência visual

O processo de orientação e mobilidade comumente é confundido com a aprendizagem do uso da bengala, quando na verdade está relacionado com tantas outras estratégias e recursos, tais como guia humano, a autoproteção, a bengala e o cão-guia. Orientação e mobilidade é uma atividade motora e pode ser definida como um processo amplo e flexível, constituído por um conjunto de capacidades motoras, cognitivas, afetivas e sociais, e também por uma série de técnicas apropriadas e específicas que possibilitam ao usuário conhecer, relacionar-se e deslocar-se de uma maneira mais independente e natural nos mais variados espaços (HOFFMANN; SEEWALD, 2003).

De acordo com Brandão (2011), as pessoas com algum tipo de deficiência visual enfrentam dificuldades para se orientar em virtude da pouca ou nula captação de informação visual. Nessa condição, elas necessitam fazer uso dos outros sentidos, tais como o equilíbrio, a audição, o tato e o olfato, para a obtenção de referenciais válidos existentes no ambiente.

No contexto da aprendizagem do processo de orientação, pode-se destacar Craft (1990⁷ apud ALVES; DUARTE, 2008), quem diz que no processo de desenvolvimento do usuário com deficiência visual podem acontecer atrasos em determinadas áreas. Todavia, esse atraso não está relacionado com a deficiência em si, mas com relação à redução do número e qualidade de informações que o indivíduo recebe e percebe do meio, resultando na diminuição das experiências por ele vividas.

Somado a isso, de acordo com Hoffmann e Seewald (2003), o aspecto protetor ou de descrédito precedente dos pais, familiares e comunidade pode gerar uma extensa e profunda problemática para a construção e o desenvolvimento das demais habilidades do indivíduo com deficiência visual, principalmente em sua fase infantil, prejudicando então o processo de aprendizagem em idades maiores. Ainda, os mesmos autores destacam que:

Um dos mais importantes tabus, até aqui mantidos pelas pessoas que enxergam, é o de que uma criança cega ou com visão subnormal deve permanecer protetoramente limitada a um espaço físico seguro, livre de qualquer possibilidade de arranhões, quedas, tropeços, batidas ou qualquer outro risco, como se este não fosse o dia-a-dia de uma criança com ou sem comprometimento que brinca, explora o ambiente, se conhece e reconhece nas atividades. [...] Mas, quando chega o momento em que esta criança quer conhecer por si mesma, como as outras crianças, outros ambientes e outras atividades, surge o medo, a proteção e pronto: a criança com deficiência visual aprende a ter medo do mundo porque os adultos lhe ensinam este medo e, sem perceber, as prejudicam porque incutem nelas o receio, a passividade e a falta de iniciativa, que certamente vão lhe dificultar seu pleno desenvolvimento, felicidade e realização. [...]

⁷ CRAFT, D. H. Sensory impairments. In: WINNICK, J. P. **Adapted physical education and sports**. Illinois: Human Kinetics Books, 1990.

do dia para a noite ninguém modifica situações que deveriam ter sido resolvidas em outra época, em outro momento e que, no presente, somente atrasos e prejuízos sinalizam esta omissão. (HOFFMANN; SEEWALD, 2003).

Com o objetivo de proporcionar ao indivíduo maior autonomia no seu dia a dia, a ACIC ministra cursos de orientação e mobilidade para pessoas com deficiência visual.

O curso, além de sugerir um programa sequencial de orientação e mobilidade, aborda conhecimentos sobre o desenvolvimento da criança com deficiência visual, formação de conceitos, utilização dos sentidos residuais além de conhecimentos básicos para melhorar o desempenho do aluno na escola inclusiva (GARCIA, 2003).

A seguir, apresentam-se de forma resumida as técnicas apresentadas no livro, as quais são ministradas nos cursos da ACIC:

- a) Técnica do Guia Vidente: é a primeira técnica a ser ensinada e consiste em um dos meios mais eficientes para a familiarização do usuário com o ambiente, sendo empregada tanto em ambientes internos quanto externos. Tem por objetivo funcionar como uma técnica segura e eficiente de movimentos; proporcionar ao aluno participação ativa e independente; permitir que o aluno compense as dificuldades causadas por um mal guia; e possibilitar a interpretação dos movimentos do guia por meio da percepção cinestésica (GARCIA, 2003).
- b) Técnica de Auto Ajuda: são técnicas que possibilitarão ao aluno movimentar-se com independência, eficiência e segurança em ambientes internos e familiares. Dentre elas, estão incluídas:
 - Proteção superior e inferior;
 - Seguir linhas guia;
 - Esquadramento ou alinhamento;
 - Tomada de direção;
 - Localização de objetos;
 - Familiarização de ambientes.
- c) Técnicas com o uso da bengala longa ou técnica de Hoover: tem como objetivo habilitar o usuário para locomover-se com segurança, eficiência e independência em ambientes internos e externos, utilizando a bengala longa. Inclui as seguintes etapas:

- Técnica diagonal da bengala, para seguir linhas guia;
- Localização da bengala quando ela não está em uso;
- Detecção e exploração de objetos;
- Localização de portas fechadas e trincos;
- Técnica do toque para exploração dos ambientes;
- Localização de aberturas com a técnica do toque;
- Descer e subir escadas;
- Familiarização com transporte.

De acordo com a instituição, o aprendizado efetivo das técnicas está relacionado também com o interesse do aluno e até mesmo com traumas de ordem psicológica. Há alunos que não desejam utilizar transportes desacompanhados, ou ainda há aqueles que têm medo de moradores em situação de rua, não realizando assim os cursos para ambientes externos e utilização de transporte urbano. Nesse caso, indica-se o acompanhamento psicológico adequado, para que então seja dada continuidade com às técnicas ou à interrupção do curso.

2.5 MAPAS TÁTEIS

O ambiente urbano é um contexto complexo e cheio de dificuldades para as pessoas com deficiência visual. Estas dificuldades limitam suas possibilidades em termos de mobilidade e acesso. Eles dependem de sua capacidade de memorizar rotas e construir mapas mentais de ambientes específicos, para que possam se deslocar na cidade com segurança e de forma independente. Para ajudá-los, existem alguns dispositivos de apoio essenciais, tais como bengalas, sistema de posicionamento global (GPS), informações de áudio e dispositivos táteis (GUAL et al., 2011, tradução nossa).

Compreender as dificuldades enfrentadas por indivíduos com deficiências visuais e entender o funcionamento visual daqueles que possuem visão residual, como por exemplo na percepção de contrastes, é necessário para o projetista conceber um ambiente mais acessível. Um dos principais fatores que garantem a acessibilidade segura ao ambiente para uma pessoa com deficiência visual é possibilitar a ele condições de percepção espacial e a compreensão das relações existentes entre seus elementos (BERNARDI, 2007).

De acordo com Ungar et al. (1997⁸ apud BERNARDI, 2007), a possibilidade de estimar a distância a ser percorrida é um importante fator para um percurso confiante, principalmente para pessoas com deficiência visual. Essa noção pode ser obtida por meio da experiência real de se caminhar pelo espaço ou por intermédio de fontes indiretas de informações, como as instruções verbais ou o uso de um mapa em escala que providencie imediatamente a informação da relação dimensional entre os espaços de um ambiente.

A descrição de um ambiente por meio de mapas táteis é um importante instrumento de orientação espacial, pois possibilita a compreensão de um ambiente construído, a percepção do espaço e da navegação em um ambiente, além de permitir o uso das habilidades individuais por meio de respostas sensoriais do indivíduo.

De acordo com Voigt e Martens (2006, p. 366, tradução nossa), os mapas e maquetes táteis fornecem suporte para mobilidade de pessoas cegas e com deficiência visual:

Os modelos táteis servem como suporte de orientação para pessoas cegas e com baixa visão no ambiente, tanto espaço urbano quanto com relação aos elementos arquitetônicos: por intermédio da produção de modelos físicos com qualidades táteis adequadas, tem-se o objetivo de trazer a informação sobre o contexto espacial de forma tangível. Isso se aplica para ambientes externos e internos. Além disso, um modelo pode trazer uma ideia clara de um ambiente assim como as relações entre as suas partes. (VOIGT; MARTENS, 2006, p. 366, tradução nossa).

Reforçando tal afirmação, Milan e Celani (2006) concluíram que a utilização de maquetes táteis na orientação espacial é eficiente e seria bem aceita se elas fossem disponibilizadas para que houvesse maior independência por parte das pessoas com deficiência visual.

Ainda, de acordo com Rowell e Ungar (2003, tradução nossa), há pessoas com deficiência visual que preferem fazer uma leitura prévia do mapa na sua residência, antes de se deslocarem para o destino. Nesse sentido, baseado no sucesso da reprodução das matrizes táteis fabricadas

⁸ UNGAR, S.; BLADES, M.; SPENCER, C. Teaching visually impaired children to make distance judgments from a tactile map. **Journal of Visual Impairment & Blindness**. v. 91, mar./abr., p. 163-174, 1997.

com prototipagem digital, e posterior reprodução em películas de PVC (FERREIRA; FERREIRA, 2012), acredita-se que a mesma técnica possa ser empregada para a disseminação dos mapas táteis.

2.6 CARACTERIZAÇÃO DOS DISPOSITIVOS TÁTEIS

Há diversos critérios de representação dos elementos táteis em mapas. A fim de se chegar à um parâmetro geral, agruparam-se aqui os principais deles, tendo em vista que não há uma normalização a esse respeito.

Na elaboração de um mapa tátil, o desafio consiste em fornecer informação suficiente numa área pequena para que seja convenientemente explorada sem estar poluída (ARTHUR; PASSINI, 2002, tradução nossa).

De acordo com Schiff⁹ (1967 apud ARTHUR; PASSINI, 2002), há três estratégias para se elaborar um mapa tátil sem que esse fique poluído:

- a) Utilizar diferentes escalas de mapas: a escala do mapa pode ser escolhida em função da informação a ser comunicada. Um mapa em grande escala, por exemplo, pode ser empregado para fornecer uma informação mais genérica sobre o layout do espaço, enquanto que um mapa numa escala menor pode trazer informações mais detalhadas de um determinado ambiente;
- b) Empregar diferentes camadas de mapas complementares: processo que pode ser utilizado para aumentar a quantidade de informação a respeito de um determinado ambiente. Um mapa mais genérico pode apresentar a disposição espacial do layout, enquanto que o próximo, mais detalhado, pode trazer informações em braile a respeito das instalações que o ambiente contém ou oferece.
- c) A utilização de diferentes alturas para os símbolos: os elementos existentes no ambiente podem ser representados de três formas distintas: a utilização de pontos para locais específicos; as conexões entre espaços e barreiras representadas por linhas; e os espaços representados por

⁹ As informações disponibilizadas pelo autor são destinadas especificamente aos mapas portáteis, ou *hand-held maps*. Contudo, tais orientações serão avaliadas para o desenvolvimento das diretrizes desta pesquisa.






superfícies. Utilizando-se diferentes alturas para representação desses elementos, assim como uma legenda em braile, a compreensão dos usuários tende a aumentar.


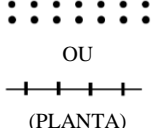






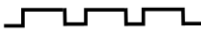






Ainda, complementando a sugestão da sobreposição de camadas, Widell e Groves (1969) indicam a demarcação das folhas ou camadas para que seja possível a sua remontagem de forma adequada.









A fim de contemplar um maior número de símbolos já criados para fabricação de mapas táteis, foram incluídos os símbolos existentes no Catálogo de Símbolos para Mapas Táteis. O catálogo, desenvolvido pelo laboratório de Cartografia Tátil e Escolar (LABTATE) da UFSC, busca uma padronização dos Mapas Táteis para o Brasil, elaborados no projeto Mapa Tátil como um Instrumento de Inclusão Social de Portadores de Deficiência Visual (LOCH et al., 2007). Os símbolos, criados de maneira artesanal com missangas, cordonês, cortiça etc., destinam-se aos métodos de fabricação com papel microcapsulado e *Thermoform*, em películas de acetato. Nesta pesquisa, adotou-se a representação desses elementos em planta, respeitando-se as dimensões especificadas pelos autores. Contudo, na inexistência de símbolos para representação dos elementos, adotaram-se as sugestões dos demais autores pesquisados.












A seguir, no Quadro 1, são apresentadas as sugestões para a representação das informações no mapa e seus respectivos autores.


Quadro 1 - Sugestões de representação das informações no mapa

ELEMENTO	SÍMBOLO / REPRESENTAÇÃO	OBSERVAÇÃO	FONTE
Demarcação de norte		Com ou sem a letra 'n'	EDMAN (1992, p. 245)
Demarcação de norte		Linha pontilhada na porção norte do mapa	EDMAN (1992, p. 293)
Demarcação de norte		Comprimento de 14mm a 20mm Altura de 7.0mm a 10mm	LOCH et al. (2007, p. 4)
Localização no mapa: “você está aqui”		Dimensões (LxA): 10x20mm	LOCH et al. (2007, p. 8)
Localização no mapa: “outro mapa”		Dimensões (LxA): 25x25mm	LOCH et al. (2007, p. 8)

Linha ou limite perigoso I		Planta e corte da representação	EDMAN (1992, p. 293)
Cerca	 OU (PLANTA)		EDMAN (1992, p. 293)
Arbustos	 (PLANTA)		EDMAN (1992, p. 294)
Árvore	 (PLANTA)		EDMAN (1992, p. 294)
Pilar	 (PLANTA)		EDMAN (1992, p. 272)
Pilar	 (PLANTA)		WIDEL e GROVES (1969)
Pilar	 (PLANTA)	Altura: 10mm	LOCH et al. (2007, p. 7)
Poste	 (PLANTA)		WIDEL e GROVES (1969)
Muros	 (PLANTA)		EDMAN (1992, p. 293)
Ruas		10mm a 15mm entre as linhas (ruas principais) e 8 mm para as demais	EDMAN (1992, p. 269)
Ruas		De 50.8mm a 76.2mm entre as linhas	WIDEL e GROVES (1969)
Divisão entre ambientes			WIDEL e GROVES (1969)
Paredes e objetos internos			LOCH et al. (2007, p. 6)
Calçadas			WIDEL e GROVES (1969)
Inexistência de calçada			WIDEL e GROVES (1969)

Parede ou barreira			WIDEL e GROVES (1969)
Notação do título		Posicionado na porção norte do mapa	EDMAN (1992, p. 247)
Notação da escala		Posicionado na porção norte do mapa	EDMAN (1992, p. 247)
Notação de data		Junto ao título e escala	EDMAN (1992, p. 247)
Tamanho do mapa		420x297mm	EDMAN (1992, p. 250)
Escada 1		A linha representa o degrau mais alto e a direção da escada	WIDEL e GROVES (1969)
Escada 2		A linha representa o degrau mais alto e a direção da escada. Os pontos indicam a graduação da escada	JAMES e GILL (1974, adaptado de WIDEL; GROVES, 1969)
Escada 3		Largura e altura de 10mm a 15 mm	LOCH et al. (2007, p. 7)
Escada rolante		Dimensões (LxA): máximas de 15x15mm e mínimo de 10x12.5mm	LOCH et al. (2007, p. 7)
Rampas		Os pontos aumentam de diâmetro e de altura em função da subida/descida. Cada exemplo está representado em planta e corte	EDMAN (1992, p. 276)
Rampa		Dimensões (LxA): máximas de 7x21mm e mínimo de 5x15mm	LOCH et al. (2007, p. 7)
Portas		Acesso a edificações e salas	NOTTINGHAM MAP MAKING KIT (apud EDMAN 1992, p. 288)

Portas			WIDEL e GROVES (1969)
Porta giratória			WIDEL e GROVES (1969)
Telefones		Dimensões (LxA): máximas de 8x15mm e mínimo de 5x10mm	LOCH et al. (2007, p. 7)
Elevador		Dimensões (LxA): mínimo de 10x10mm e máximas de 15x15mm	LOCH et al. (2007, p. 7)
Sanitário masculino			NOTTINGHAM MAP MAKING KIT (apud EDMAN, 1992, p. 290)
Sanitário masculino		Dimensões (LxA): máximas de 15x20mm e mínimo de 10x15mm	LOCH et al. (2007, p. 8)
Sanitário feminino			NOTTINGHAM MAP MAKING KIT (apud EDMAN, 1992, p. 290)
Sanitário feminino		Dimensões (LxA): máximas de 20x15mm e mínimo de 17x10mm	LOCH et al. (2007, p. 8)
Sanitário unissex			TACTUAL MAPPING (1986 apud EDMAN, 1992, p. 290).
Sanitário acessível		Dimensões (LxA): máximas de 25x15mm e mínimo de 20x10mm	LOCH et al. (2007, p. 8)
Gramado			EDMAN (1992, p. 293)

Área pavimentada		WIDEL e GROVES (1969)
------------------	---	-----------------------

Fonte: desenvolvido pelo autor (2015).

Em virtude do agrupamento de diversos autores quanto à maneira de representação, o Quadro 1 traz exemplos de mesma representação com significados distintos, assim como desenhos diversos para um mesmo significado. Cabe ao designer ou projetista do mapa optar por elementos diversos que não dificultem a sua leitura em virtude da similaridade dos desenhos ou ainda, da variação de seus significados.

2.6.1 Organização formal

As informações contidas no mapa geralmente se resumem a um título, sua legenda e a representação fiel do espaço, com os respectivos elementos arquitetônicos (BERNARDI, 2007, p. 118).

De acordo com o portal incumbido pela acessibilidade da cidade de Roma, a leitura do usuário inicia-se pelo canto superior esquerdo, em seguida é feita a leitura da legenda, a fim de encontrar o símbolo que represente “você está aqui”, e, por fim, é feita a interpretação dos demais símbolos e a exploração do mapa (PORTAL ROMACCESSIBILE.IT, 2006¹⁰ apud BERNARDI, 2007).

Além disso, Bernardi (2007, p. 118) reforça a importância da indicação da orientação geográfica e a escala do mapa, devendo estar localizadas na porção superior, à esquerda, respeitando-se a ordem usual de exploração do mapa. A mesma autora ainda destaca a necessidade de representação, não somente da escala do mapa, mas também da sua equivalência em relação à escala humana:

Uma questão discutida pelos usuários foi a ausência de representação da escala humana, que é um importante fator para orientação espacial e compreensão das dimensões da edificação [...]. (BERNARDI, 2007, p. 141).

¹⁰ Disponível em:

<<http://www.romaccessibile.it/en/Ausili/MappaTattileLeggere.htm>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

A orientação do norte geográfico deve ser impressa em um tamanho considerável, para que seja de fácil percepção, podendo-se adotar toda a extensão de uma margem do mapa (WIDEL; GROVES, 1969, tradução nossa). Sendo assim, será adotada a sugestão de Edman (1992, p. 293, tradução nossa), que consiste em uma linha pontilhada em toda a extensão do mapa.

2.6.2 Etiquetas

Etiquetas consistem em descrições curtas, palavras, nomes, letras, abreviações ou números. Elas podem ser inseridas diretamente no mapa ou em alguma área em particular dele. Ainda, caso o mapa não disponha de espaço suficiente para tal, elas podem ser inseridas junto à legenda (EDMAN, 1992, p. 250-251, tradução nossa).

Seu uso é extremamente importante, uma vez que define os símbolos adotados no mapa, evitando assim confusões com relação aos significados. Para tanto, devem ser aplicadas de modo que não interfiram na leitura do objeto que representam (BERNARDI, 2007, p. 118).

A seguir são apresentadas sugestões propostas por Edman (1992, p. 251, tradução nossa) para a elaboração das etiquetas:

- a) Devem ser inseridas de forma que não distraiam o leitor dos símbolos ou áreas que identificam;
- b) Se for necessário um texto em braile, este deve ser curto. Muitas vezes uma explanação verbal pode ser mais eficiente do que uma tátil, ainda mais quando se trata de usuários sem fluência em braile;
- c) Letras singulares ou a combinação, tendo relação com o elemento que identificam, tendem a ser mais memoráveis do que números aleatórios, os quais demandam constantes verificações na legenda;
- d) As etiquetas tendem a poluir o mapa, caso isso ocorra, deve-se aumentar a escala de representação dele, ou ainda, aplicá-las em outro mapa ou camada, para que seja utilizado em conjunto;
- e) Quando possível, as legendas devem ser inseridas paralelas ao lado superior do mapa;
- f) Nomes devem ser inseridos o mais próximo possível dos objetos que identificam. Deve-se encurtar o nome, abreviá-lo ou substituí-lo por números, caso não haja espaço suficiente, explicando essa adaptação no espaço destinado à legenda;

- g) Preferencialmente, deve-se utilizar o mesmo sistema de inserção das etiquetas em todo o mapa;
- h) Para se ganhar espaço, pode-se suprimir o caractere braille que representa letras maiúsculas.

A mesma estratégia de identificação pode ser adotada para objetos, pessoas e animais representados no mapa, utilizando-se uma linha simples para ligar o símbolo à etiqueta (BERNARDI, p. 116).

2.6.3 Legenda

A legenda traz o significado dos elementos presentes no mapa e consiste de uma lista de símbolos, linhas, pontos, texturas, combinações de letras e números utilizados no mapa e uma explicação a respeito. A sua formatação deve seguir os seguintes parâmetros (EDMAN, 1992, p. 255):

- a) Os símbolos devem ser organizados em uma coluna à esquerda. As descrições em braille devem estar do lado oposto de cada símbolo, também em uma coluna. A distância entre as duas colunas deve ser suficiente para que os dedos do usuário consigam percorrer facilmente do símbolo à sua descrição;
- b) Legendas formadas por apenas uma coluna de símbolos e uma coluna de significados tendem a ser mais legíveis;
- c) Linhas, pontos e símbolos de área são inseridos geralmente em primeiro lugar no mapa. Seu tamanho deve corresponder à mesma escala utilizada no mapa. Para se conseguir a legibilidade, as linhas devem ter no mínimo 13mm, as texturas devem ser representadas em um quadrado com lado mínimo de 13mm;
- d) As letras devem ser listadas em ordem alfabética e os números em sequência numérica crescente.

Ainda de acordo com o mesmo autor, a legenda pode ser representada em uma parte separada, para que possa ser utilizada em qualquer camada do mapa, caso este seja único.

Em pesquisa realizada por Bernardi (2007) foi possível identificar outros cuidados a serem tomados na confecção das legendas, a saber:

- a) Como a representação da legenda aderida ao mapa do ambiente gera confusão para o entendimento da planta do espaço, ela deve ser impressa separadamente;
- b) Caso seja feito um mapa com percurso pré-definido, deve-se ordenar os números na legenda da mesma forma que eles aparecem no mapa ao longo do percurso;

- c) Deve-se adotar uma nomenclatura compreensível e universal;
- d) No caso da representação da edificação em diferentes mapas, por exemplo, mais de um pavimento, esses devem ter cada qual a sua legenda para facilitar a identificação dos elementos;

Em um mapa tátil para mobilidade dentro das áreas internas de um hotel, Widel e Groves (1969, tradução nossa) identificaram um aspecto importante em relação à fabricação da legenda, que trata da necessidade das informações serem visíveis às pessoas sem deficiência visual, para que possam auxiliar os cegos na leitura.

De acordo com a pesquisadora, deve-se desprender bastante atenção na confecção da legenda, uma vez que sua utilização foi necessária durante todo o período de leitura do mapa pelos usuários envolvidos na sua pesquisa.

2.6.4 Tamanho e escala

De acordo com Edman (1992, tradução nossa), a escala de representação do mapa está relacionada com a quantidade de informação e o tamanho dos símbolos que serão utilizados no mapa. Além disso, fatores como a habilidade da leitura em braile, familiaridade com a leitura de mapas e a experiência em se deslocar de forma independente são elementos decisivos quando da escolha da escala. O autor ainda traz alguns fatores que justificam a representação em grande escala:

- a) Atendimento aos leitores jovens e que não possuem familiaridade com a leitura de mapas, pois, muitas vezes, esse perfil de usuário necessita de mais espaço ao redor dos símbolos para o seu reconhecimento;
- b) A quantidade de informação a ser representada exige uma área maior de representação para evitar que fique confuso;
- c) Ao apresentar o texto em tinta em relevo, para aqueles que não possuem fluência no braile, esse tipo de texto ocupa mais espaço do que o correspondente em braile.

Quanto à definição do tamanho, de acordo com o mesmo autor, as variáveis que governam a definição da escala também têm relação com o tamanho. Além disso, dependem da quantidade e do tipo de informação que será dada no mapa, da capacidade do leitor e do método de fabricação utilizado. Contudo, conforme destacado por Dixon

(1984¹¹ apud EDMAN, 1992, tradução nossa), um mapa grande não é necessariamente um mapa mais legível, uma vez que demanda mais tempo para exploração, é mais difícil de transportar e ainda pode dificultar o relacionamento das partes exploradas, tendo em vista as distâncias entre os pontos analisados.

Com relação à representação ou impressão do mapa, Widel e Groves (1969, tradução nossa) sugerem que o tamanho do mapa deve corresponder ao mesmo tamanho de uma folha braile, equivalente a 11x11 ½”, correspondendo à aproximadamente 279x292mm, para que possa ser lido com apenas uma das mãos. Já os professores de mobilidade geralmente defendem que os mapas de mobilidade não devem ser superiores ao tamanho de duas mãos abertas e com os polegares encostados (JAMES; ARMSTRONG, 1976¹² apud EDMAN, 1992, p. 250, tradução nossa). Para Edman, (1992, p. 250, tradução nossa), o mapa deve ter o mesmo tamanho de uma folha A3, que corresponde a 420x297mm.

Partindo das sugestões dos autores, recomenda-se como dimensão máxima do mapa no tamanho A3, com 420x297mm.

2.6.5 Textos e pictogramas

As formas de representação do texto para leitura por pessoas cegas ou com deficiência visual são o braile ou texto em relevo (essa última chamada de tinta em relevo ou de *Roman letterforms*). Segundo Arthur e Passini (2002), enquanto que a leitura braile é, de certa forma, uma leitura rápida, quando se trata de um usuário com experiência ou fluência braile, a leitura do texto em relevo é relativamente um processo lento. Um estudo conduzido em Geórgia, Washington DC, no *Institute of Technology's College of Architecture for the Architectural and Transportation Barriers Compliance Board* (ATBCB), mostrou que ensinar aos usuários a leitura em relevo tende a ter o mesmo nível de dificuldade de se ensinar a leitura em braile. O estudo ainda concluiu que a maior parte dos usuários avaliados tiveram dificuldades na interpretação das letras minúsculas. Sendo assim, na presente pesquisa,

¹¹ DIXON, J. Tips on reading tactile maps. **Aids and Appliances Review**. p. 32-34. s.l., 1984.

¹² JAMES, G. A.; ARMSTRONG, J. D. **Handbook on mobility maps**. Nottingham, England: University of Nottingham. Blind Mobility Research Unit. 1976.

onde for necessária a representação em relevo, será adotado caixa alta, ou *capital letters*.

As letras maiúsculas mais utilizadas são A, B, C, E, F, H, I, J, L, Q, P, R, S, T, U, Y e Z. Essas letras foram reconhecidas com maior facilidade em um estudo realizado por Schiff (1966 apud EDMAN, 1992, p. 211, tradução nossa). Na presente pesquisa, essas letras foram representadas com 14.2mm de altura.

2.6.6 Linhas

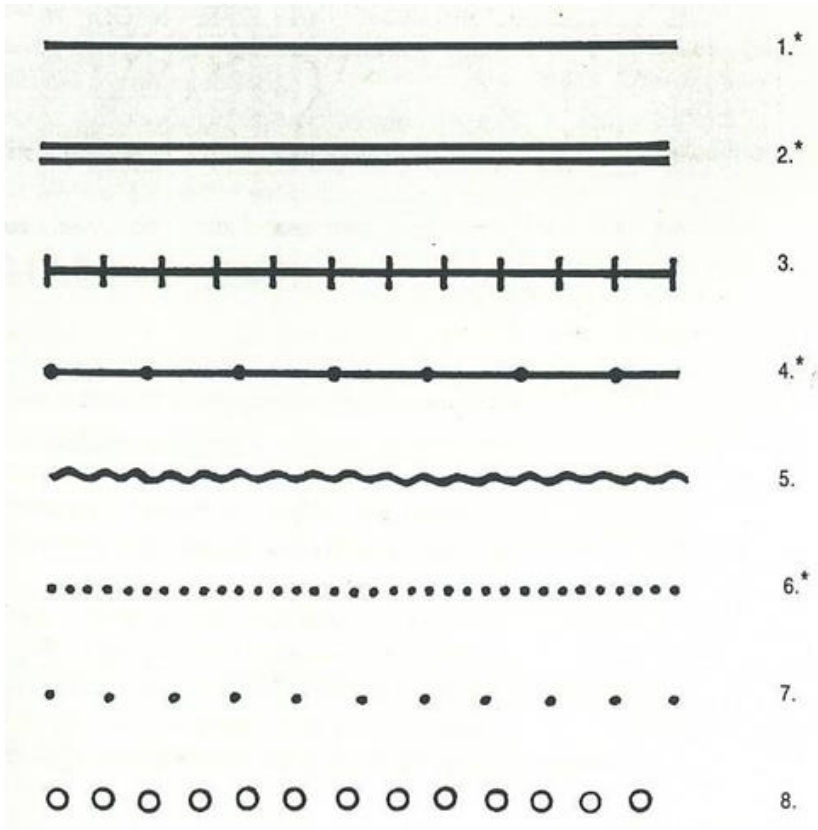
As linhas empregadas na representação tátil podem sofrer uma série de variações, tais como: pontilhadas, tracejadas, sólidas, uma composição dessas três características, além de variações na espessura e altura. Quanto mais rugosa e elevada uma linha em relação às demais, maior será a importância dada ao seu significado pelo leitor.

Dentre as variações existentes, um estudo conduzido por Berlin, Nyman e Jansson (1971¹³, 1973¹⁴ apud EDMAN, 1992, p. 215) identificou os exemplos de melhor desempenho, ilustrados na Figura 15. As linhas demarcadas com um asterisco são os tipos recomendados pelos autores.

¹³ BERLIN, S.; NYMAN, L. **Identifiering av taktila linjesymboler**. Uppsala, Sweden: Psykologiska Institutionen, Uppsala Universitet, 1971.

¹⁴ JANSSON, G. **Projektet PUSS: XVI: linje-och ytsmboler förtaktla kartor**. Rapport Nr. 44, Uppsala, Sweden: Psykologiska Institutionen, Uppsala Universitet, 1973.

Figura 15 - Tipos de linhas



Fonte: Edman (1992, p. 221).

Uma linha, ou qualquer outro tipo de símbolo, deve ter um espaçamento mínimo de 2.3mm a 3.00mm de qualquer outro elemento para que seja reconhecido. Duas linhas separadas por menos de 6.00mm tendem a ser lidas como uma linha espessa, ao invés de duas. Já o comprimento mínimo de uma linha para que seja identificada é de 12.7mm a 25.4mm, dependendo do padrão do elemento ou do símbolo. No entanto, essa configuração não se aplica a linhas tracejadas

(NOLAN; MORRIS, 1971¹⁵ apud EDMAN, 1992, p. 218 tradução nossa).

Já o espaçamento entre pontos em uma linha distingue uma linha pontilhada de outra, porém, o espaçamento de uma linha tracejada em relação à outra, não é uma característica distinguível (JAMES; GILL, 1975¹⁶ apud EDMAN, 1992, p. 218, tradução nossa).

A variação das linhas deve ser utilizada a fim de nem poluir o mapa ou confundir o usuário. Para Widell e Groves (1969), as linhas compostas por ponto ou tracejadas são as de maior detectabilidade. De acordo com os mesmos autores, a quantidade de pontos deve ser de 20 para cada polegada, o que equivale a aproximadamente 2,54 cm. Angwin (1968a¹⁷; 1968b¹⁸ apud EDMAN, 1992, p. 220, tradução nossa) compartilha da mesma ideia quanto ao emprego de linhas quebradas ou tracejadas em detrimento à detectabilidade de linhas simples, especificando também a quantidade de 20 pontos para cada polegada.

O motivo pelo qual há uma maior detectabilidade em linhas pontilhadas do que em linhas lisas, está relacionado com a ativação de um número maior de mecanorreceptores existentes nas pontas dos dedos, com essa configuração de relevo (JEHOEL, 2007, p. 58, tradução nossa).

O reconhecimento de uma linha depende da organização dos demais elementos ao redor, para tanto, linhas que estão em um mesmo espaço, mas que não tenham relação uma com a outra, devem ser completamente diferentes ao toque (EDMAN, 1992, p. 218, tradução nossa). O contraste maior de uma linha em relação à outra é obtido com a variação da sua textura e espessura de representação do que com a sua diferença de nível. Além disso, uma linha rugosa deterá mais atenção do usuário do que uma linha lisa do mesmo tamanho (EDMAN, 1992, p. 219, tradução nossa).

¹⁵ NOLAN, C. Y.; MORRIS, J. E. **Improvement of tactual symbols for blind children.** (Final report Project 5-0421). Louisville, KY: American Printing House for the Blind. 1971.

¹⁶ JAMES, G. A.; GILL, J. M. A pilot study on the discriminability of tactile areal and line symbols for the blind. **Research Bulletin**, n. 29, p. 23-31. New York: American Foundation for the Blind, 1975.

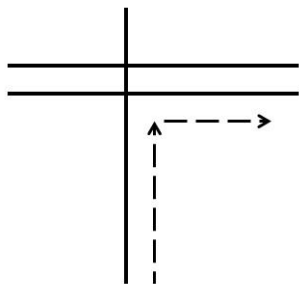
¹⁷ ANGWIN, J. B. P. Maps for mobility – 1. **The New Beacon**, v. 52, n. 613, p. 115-119, 1968a.

¹⁸ ANGWIN, L. B. P. Maps for mobility – 2. **The New Beacon**, v. 52, n. 613, p. 143-154. 1968b.

Durante a leitura de linhas tracejadas ou pontilhadas, o usuário tem que ter condições de sentir o próximo ponto ou traçado, antes de deixar de ler o primeiro. Linhas tracejadas, por exemplo, devem manter um espaçamento uniforme entre cada parte e esse espaçamento deve ser suficiente para que o leitor não a confunda com uma linha contínua. Sugere-se que os traços tenham de 6mm a 9mm e o espaçamento entre os traços seja equivalente à sua metade (EDMAN, 1992, p. 220, tradução nossa).

A representação de um percurso dentro de um edifício, ou até mesmo divisão entre ambientes, é representada por linhas ortogonais. Em virtude do desenho, podem ocorrer linhas que se interseccionam, devendo, nesses casos, manter a linha preferencial contínua e as demais podem ser interrompidas, a fim de manter a sequência de leitura, ou ainda representá-las em uma espessura inferior, dando o destaque para a linha principal (BERNARDI, 2007, p. 117). Ainda, de acordo com Edman (1992, p. 221, tradução nossa), em uma situação de intersecção de uma linha simples com uma dupla, em uma leitura em que o usuário inicia pela linha simples, ao chegar no ponto de cruzamento com a dupla, a tendência é de que o usuário siga para a direita, imaginando que ainda está lendo a linha de origem, conforme esquema ilustrado na Figura 16.

Figura 16 - Leitura de cruzamento de linhas



Fonte: Edman (1992, p. 221).

Em testes realizados por Bentzen (1983¹⁹ apud EDMAN, 1992, p. 221, tradução nossa), linhas simples são mais fáceis de leitura e

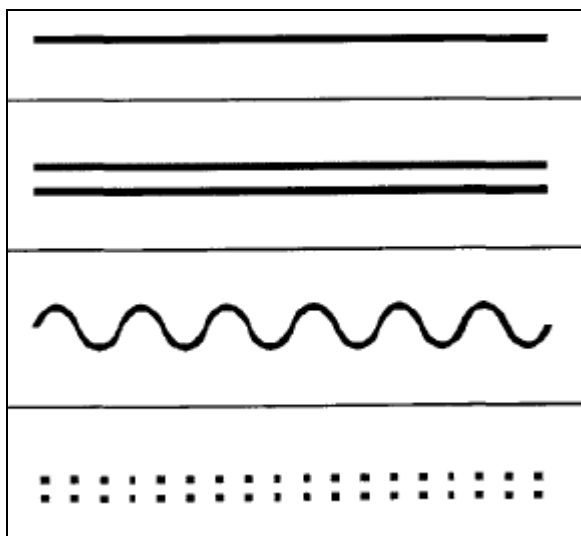
¹⁹ BENTZEN, B. L. Tactile specifications of route configurations. In: WIEDEL, J. W. **Proceedings of the First International Symposium on Maps**

representação mental, se comparadas às linhas duplas. Somado a isso, Edman (1992, p. 221, tradução nossa) destaca o simples fato de as linhas simples ocuparem menos espaço do que as linhas duplas, favorecendo a escala de representação dos elementos.

Com relação à espessura das linhas, Jehoel (2007, p. 93-94, tradução nossa) identificou como 1.9mm a espessura máxima para linhas simples, caso contrário, será percebida como uma linha dupla e o espaçamento mínimo entre linhas duplas corresponde a 1.0mm.

Partindo de 18 tipos de linhas caracterizadas por outros autores como sendo as mais detectáveis, Jehoel (2007, p. 131, tradução nossa) obteve um novo resultado a partir de seus estudos, reduzindo para 4 as linhas com melhor detectabilidade. A autora adotou como espessura 1.0mm e 0.4mm de elevação. O resultado pode ser visto na Figura 17:

Figura 17 - Linhas de melhor discernimento



Fonte: Jehoel (2007, p. 131).

Tendo em vista que Jehoel (2007) traz resultados mais recentes, os quais partiram de caracterizações feitas anteriormente, até mesmo por autores já citados nessa dissertação, a estes foi dada prioridade quanto à

utilização. Nas situações que demandaram um maior número de variação de linhas, seguiu-se com as orientações dos demais autores já citados.

2.6.7 Elevação

Em um mapa comum, para videntes, a atenção aos pontos principais é atraída pela variação de cores, contrastes e estilos. Já para pessoas cegas, a sua atenção deve ser atraída pelo toque, por meio da textura dos elementos, elevação e espessura de linhas. Quanto mais rugosa e mais elevada uma linha é, mais rapidamente ela será percebida pelo usuário (EDMAN, 1992, p. 219, tradução nossa).

Áreas texturizadas, por exemplo, devem ser mais rasas que um ponto, uma linha ou um caractere em braile, uma que vez que na leitura esses elementos podem passar despercebidos quando inseridos em conjunto com a textura. Para evitar esse problema, deve-se prever uma altura menor para a textura e maior para os outros símbolos, além de uma área branca²⁰ ao redor dos símbolos, pontos e linhas (EDMAN, 1992, p. 233, tradução nossa).

A desordem ou confusão na leitura dos elementos pontuais podem ser reduzidos se utilizados critérios de altura diferenciados para representação dos elementos. James (1982²¹ apud EDMAN, 1992, p. 208, tradução nossa) sugere o critério existente no Quadro 2.

Quadro 2 - Elevação dos relevos táteis

ELEMENTO	ELEVAÇÃO
Braile	0.5mm
Texturas (<i>areal symbols</i>)	0.5mm a 1.0mm
Linhas	1.0mm
Símbolos pontuais	1.5mm

Fonte: James (1982).

²⁰ Edman (1992) traz o termo “área branca” para designar partes do mapa sem informação em relevo.

²¹ JAMES, G. A. Mobility maps. In: SCHIFF, W.; FOULKE, E. **Tactual perception: a sourcebook**. New York: Cambridge University Press. 1982. p. 334-363.

Já Widel e Groves (1969), trazem especificações semelhantes para a elevação, conforme Quadro 3.

Quadro 3 - Altura dos relevos táteis

ELEMENTO	ELEVAÇÃO
Braile	0.5mm
Linhas, texturas e símbolos	1.0mm
Símbolos pontuais	1.5mm

Fonte: Widel e Groves (1969, tradução nossa).

Schiff (1967 apud ARTHUR; PASSINI, 2002) também já trazia as mesmas especificações para a fabricação dos mapas, conforme pode ser visto no Quadro 4.

Quadro 4 - Altura dos relevos táteis

ELEMENTO	ELEVAÇÃO
Braile	0.5mm
Linhas e símbolos	1.0mm
Símbolos pontuais	1.5mm

Fonte: Schiff (1967 apud ARTHUR; PASSINI, 2002, tradução nossa).

Em pesquisa para identificar qual o tamanho e elevação mais adequados para representação dos símbolos táteis, Jehoel (2007, p. 68, tradução nossa) obteve os seguintes padrões de elevação e tamanho de representação dos símbolos, listados no Quadro 5.

Quadro 5 - Critério de representação dos símbolos táteis

ELEMENTO	ELEVAÇÃO	TAMANHO
Símbolos	0.02mm a 0.2mm	5.5mm a 7.1mm

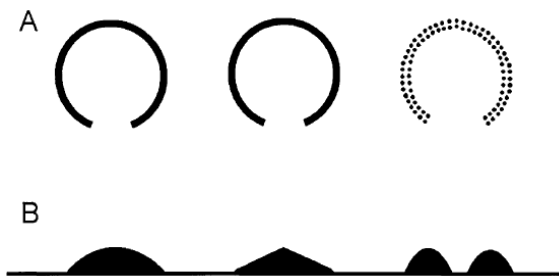
Fonte: Jehoel (2007).

O resultado dos testes comprovou que relevos muito mais rasos e menores do que os usualmente empregados nos mapas são passíveis de leitura, contudo, a autora faz uma ressalva quanto ao emprego desses parâmetros nos mapas táteis, tendo em vista que se trata de um processo

de leitura muito mais complexo do que a leitura de um único elemento (JEHOEL, 2007, p. 67-68, tradução nossa).

Em um segundo teste, Jehoel (2007) buscou identificar, baseado nos resultados encontrados no primeiro, qual a relação da elevação do elemento tátil com a velocidade de identificação dos elementos, além disso, ele adotou variações das bordas e de padrões para linhas, como pode ser visto na Figura 18.

Figura 18 - Variação de bordas e padrões nos elementos



Legenda: A) Vista; B) Corte.

Fonte: Jehoel (2007, p. 70).

Como resultado do teste, percebeu-se que o aumento da elevação de representação dos elementos melhora o desempenho do usuário, contudo até a altura de 0.2mm, maiores elevações não influenciaram nos resultados. Com relação ao tipo de acabamento das bordas das linhas, contrário ao resultado esperado, onde em testes de detecção de símbolos as bordas cortantes foram mais eficientes, no presente estudo as bordas arredondadas tiveram um resultado melhor. Tal resposta está relacionada com a quantidade de material que os mecanorreceptores existentes na ponta dos dedos têm contato. Entretanto, dentre as três opções testadas, a que apresentou melhor resposta foi a linha pontilhada, a qual oferece maior estímulo aos mecanorreceptores. Esse resultado ocorre em virtude do escaneamento realizado pela ponta dos dedos ao obter um melhor reconhecimento quando a superfície é lida num ângulo de 90°. Dessa forma, os inúmeros pontos favorecem esse ângulo de leitura, com um maior estímulo aos receptores (JEHOEL, 2007, p. 75, tradução nossa). A autora ainda conclui que o processo de percepção tátil é complexo, envolvendo o processo cognitivo baseado em respostas fisiológicas de um grande número de receptores. Portanto, os resultados obtidos com a leitura de uma única célula não podem ser traduzidos e

aplicados para um caso real, da leitura de um mapa como um todo, tendo em vista a sua complexidade.

Dessa forma, a variação de altura dos diferentes símbolos, linhas, texturas e formatos é essencial para que o usuário obtenha uma maior variação de estímulos durante a leitura.

2.6.8 Pontos

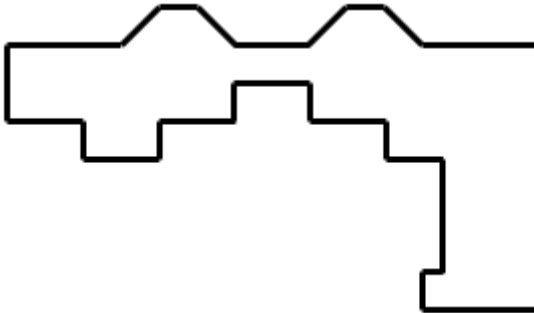
Tendo em vista que nenhum dos autores consultados especificou o diâmetro para se representar os pontos no mapa, nesta pesquisa foi adotado como raio do ponto o valor de maior recorrência para símbolos pontuais, que corresponde a 1.5mm (elevação).

2.6.9 Superfícies

De acordo com Bentzen (1980²², p. 306 apud EDMAN, 1992, p. 271 tradução nossa), uma das tarefas mais difíceis para o leitor de mapas é o reconhecimento de superfícies onde se representam as linhas de borda da edificação vista em planta, ou muitas vezes da interseção delas. Para tanto, Edman (1992, tradução nossa) sugere que informações desnecessárias sejam abstraídas da representação, conforme demonstrado nas Figuras 19 e 20, a seguir, em que aparece a representação fictícia atual de uma edificação e sua forma simplificada, respectivamente.

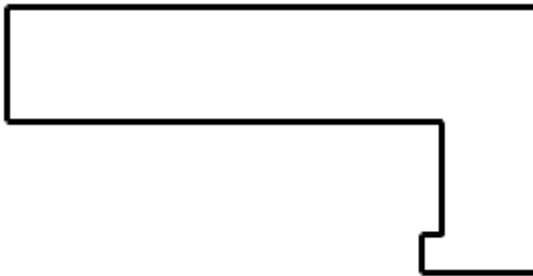
²² BENTZEN, B. L. Orientation aids. In: WELSH, R. L.; BLASCH, B. B. **Foundations of orientation and mobility**. New York: American Foundation for the Blind, 1980. p. 291-355.

Figura 19 - Formato atual da edificação



Fonte: Adaptado de Edman (1992).

Figura 20 - Forma simplificada da edificação



Fonte: Adaptado de Edman (1992).

É de suma importância a representação de informações relevantes ao leitor, excluindo detalhes que possam prejudicar a leitura ou trazer ambiguidade à interpretação (AMICK, 1997²³ apud BERNARDI, 2007).

Partindo desse princípio, as formas e reentrâncias existentes nas paredes das edificações devem ser simplificadas para elaboração do mapa.

2.6.10 Texturas

Texturas são utilizadas para diferenciação de superfícies com diferentes significados e auxiliam o usuário a rapidamente identificar os

²³ AMICK, N.; CORCORAN, J. (Coord.) Guidelines for Design of Tactile Graphics. **Proceedings APH Educational Research Workshop**, 1997.

limites de uma área. Sem a textura, o usuário pode ter dificuldade de identificar as linhas limites de determinada demarcação, ou ainda, ter dificuldades para identificar qual área ele está lendo (EDMAN, 1992, tradução nossa).

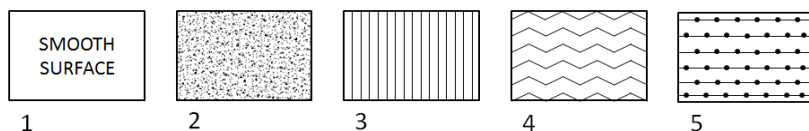
Cabe ressaltar, ainda, que o emprego da textura está relacionado com a diferenciação de elementos de mesmo formato existentes no mapa (BERNARDI, 2007, p. 117).

Há uma série de características que devem ser levadas em consideração quando da diferenciação das superfícies (EDMAN, 1992, p. 222, tradução nossa), a saber:

- a) O grau de organização dos elementos da textura como, por exemplo, o espaçamento dos elementos de forma igual ou desigual;
- b) A densidade dos relevos, ou seja, o espaço entre os elementos e a quantidade deles em determinado espaço;
- c) A sensação ao toque na superfície (rugoso ou macio);
- d) O formato dos elementos constituintes da textura;
- e) O tamanho dos elementos;
- f) A direção em que os elementos são representados (horizontal, vertical ou diagonal).

Jansson (1973 apud EDMAN, 1992, p. 225, tradução nossa), sugere 5 tipos de texturas, as quais foram validadas em seus estudos como sendo as mais eficientes. A representação das texturas pode ser vista na Figura 21.

Figura 21 - Texturas



Fonte: adaptado de Jansson (1973 apud EDMAN, 1992, p. 225).

2.6.11 Simbologias

De maneira geral, a palavra símbolo associada a mapas táteis se refere a pontos, linhas e texturas. Símbolos pontuais se referem a locais específicos de objetos e não necessariamente ao seu tamanho e formato, porém, também podem representar um referencial sonoro ou olfativo. As linhas geralmente são utilizadas para representar tanto a localização quanto direção, simbolizadas por diferentes espessuras e texturas, as quais não refletem necessariamente a real altura ou espessura dos elementos aos quais fazem referência. Já as texturas, ou *areal symbols*²⁴, são utilizados para definição de áreas, servindo para diversos elementos, tais como: lagoas, estacionamentos, áreas com vegetação etc. Símbolos que ao toque são diferentes podem ser confundidos se impressos muito próximos, para tanto, deve-se respeitar o espaçamento mínimo de 3mm (EDMAN, 1992, p. 206-207).

Para Bernardi (2007, p. 115), o espaçamento mínimo entre os elementos é de 6mm, afim de permitir a sua diferenciação e identificação. No caso de figuras ou símbolos com menos de 12mm, eles correm o risco de não serem reconhecidos, devendo-se, para esses casos, executar-se uma leve distorção nos elementos para não aproximá-los muito, mantendo-se a proposta da informação.

Para Edman (1992, p. 289, tradução nossa), a habilidade do cego em reconhecer e compreender símbolos ainda é algo controverso. A frequência com que o usuário fará a leitura desses símbolos depende diretamente da utilização desses mapas, além das habilidades e experiências do leitor. Para o mesmo autor, letras individuais, ou a combinação de mais de uma letra para representação de um elemento, podem ser mais fáceis de compreensão e lembrança do que números ou códigos que levam a constantes verificações na legenda do mapa. O autor ainda sugere que essa combinação de letras tenha relação com o significado do local (EDMAN, 1992, p. 251).

Deve-se atentar para o fato de que o ponto que represente “você está aqui”, seja o de maior destaque no mapa, uma vez que corresponde ao ponto de partida no trajeto do usuário (WIDEL; GROVES, 1969, tradução nossa).

²⁴ Edman (1992, p. 206, tradução nossa), utiliza o termo *areal symbols* para designar áreas texturizadas no mapa, as quais representam a área delimitada. Essa maneira de representação seria equivalente à visualização aérea de um determinado lugar.

Ainda com relação à inserção de símbolos no mapa, esses devem apresentar contornos fortes e bem definidos, devem possuir uma forma simples e ser representados de forma fechada, sem interrupções, com estabilidade e simetria. Dessa maneira, objetiva-se uma exploração tátil segura e confiável ao leitor, sem ocasionar danos às mãos do usuário (BERNARDI, 2007, p. 114).

Dessa forma, na necessidade de representação de mais de 11 símbolos, foram adotadas siglas em braile para isso.

2.6.12 Símbolos pontuais

Figuras simbólicas que são utilizadas para representação de locais específicos de objetos, origem de emissores de som ou cheiro são chamados de “símbolos pontuais”. Caracteres em braile, ou até mesmo letras em caixa alta, podem ser incluídos nesse grupo. Seu formato não representa necessariamente o real formato do elemento a que se refere (EDMAN, 1992, p. 209, tradução nossa).

No que diz respeito à legibilidade, ela corresponde àqueles elementos que requerem um mínimo movimento dos dedos para que sejam lidos. Sua representação pode ser oca, caso tenha grandes dimensões, ou cheia, que é a mais recomendável (BERNARDI, 2007, p. 117).

Contudo, Edman (1992, p. 209, tradução nossa) destaca que, muitas vezes, é mais fácil reconhecer um símbolo oco, ou de contorno, do que uma figura pontual sólida, quando os símbolos são de grande tamanho, cabendo a representação sólida para os símbolos menores.

Nolan e Morris (1971 apud EDMAN, 1992, p. 209) indicam alguns exemplos para símbolos pontuais, conforme pode ser visto na Figura 22, a mesma utilizada em seus testes realizados.

Figura 22 - Símbolos pontuais



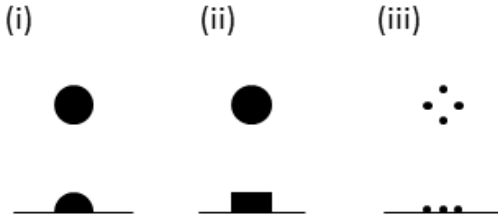
Fonte: Nolan e Morris (1971 apud EDMAN, 1992, p. 209).

A seguir, são apresentadas sugestões para criação de símbolos (EDMAN, p. 209-211, tradução nossa).

Símbolos pontuais devem caber na ponta do dedo do leitor, contudo, devem ter tamanho e características suficientes para que o leitor possa identificá-lo facilmente e entendê-lo, o que seria equivalente

à detectabilidade e significado. Caso sejam adotadas formas similares, estas devem diferenciar-se em pelo menos duas características das três destacadas na Figura 23.

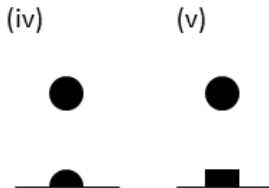
Figura 23 - Caracterização mínima de diferenciação de símbolos



Fonte: Edman (1992, p. 210).

Um círculo sólido é percebido com maior facilidade do que um círculo oco, desde que o círculo sólido seja feito com bordas arredondadas (iv) ao invés de planas (v), conforme demonstrado na Figura 24.

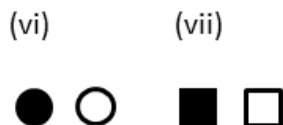
Figura 24 - Detectabilidade de contorno de símbolos com mesmo formato



Fonte: Edman (1992, p. 210).

Alguns símbolos de mesmo tamanho e que possuem o mesmo contorno, podem ser confundidos, mesmo que sejam sólidos e ocos, como ilustrado, por exemplo, na Figura 25.

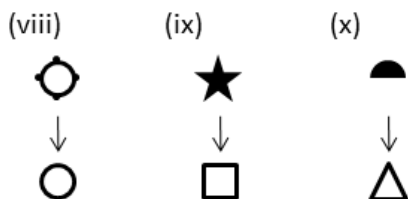
Figura 25 - Semelhança entre símbolos sólidos e ocios



Fonte: Edman (1992, p. 210, tradução nossa).

Variações de figuras geométricas básicas podem ser facilmente confundidas quando utilizadas juntas em um mesmo mapa, conforme pode ser visto na Figura 26.

Figura 26 - Variações de formatos não diferenciáveis



Fonte: adaptado de Edman (1992, p. 210, tradução nossa).

Símbolos, incluindo caracteres em braile e letras em relevo, são mais compreensíveis se associadas ao elemento que representam. Por exemplo, uma cruz para representar uma igreja, a letra 'B' para representar a sala de biologia, no entanto, essa caracterização necessitará estar detalhada na legenda.

Cabe ressaltar que símbolos pequenos, como quadrado e triângulo, são de difícil reconhecimento quando seus lados medem menos que 5.1mm.

Estudos mais recentes trazem resultados um pouco diferentes com relação à configuração dos relevos em seu perímetro. Jehoel (2007) afirma que quando a ponta dos dedos é pressionada sobre elementos com bordas mais afiadas, a resposta neurofisiológica é mais rápida do que quando sobre bordas lisas ou suaves. A autora ainda acredita que com o aumento desse efeito nos elementos táteis, será possível uma leitura melhor mesmo em elevações mais baixas (JEHOEL, 2007, p. 58, tradução nossa).

Ainda como resultados de seus estudos, Jehoel (2007, p. 59-67, tradução nossa) detectou que os símbolos representados com menos de

3.9mm são de difícil detecção; que dimensões acima de 7.1mm não melhoraram o desempenho dos leitores; e que o tamanho mínimo que traz uma leitura mais confiável aos cegos é de 4.7mm. A mesma autora conclui que quanto maior e mais elevado o símbolo, melhor serão as condições de leitura.

Tendo em vista a variedade de símbolos utilizados tanto para fabricação de mapas táteis quanto na cartografia tátil, Jehoel (2007, p. 107-131, tradução nossa) realizou testes de leitura com 40 símbolos diferentes, a fim de identificar quais deles seriam mais detectáveis. Os elementos são constituídos por círculos, quadrados, triângulos e cruciformes, adotando o critério de representação exposto no Quadro 6.












Quadro 6 - Critério de representação para testes de detectabilidade

SÍMBOLO PONTUAL	ALTURA
Círculo	8.9mm
Quadrado	8.9mm
Triângulo	10.0mm
Cruciforme	5.5mm a 9.9mm
Espessura da linha	1.0mm
Elevação	0.4mm

Fonte: Jehoel (2007).

Como resultado, obteve-se uma redução considerável para 11 símbolos, como pode ser visto na Figura 27:

Figura 27 - Símbolos pontuais com melhor nível de detectabilidade

Fonte: Jehoel (2007, p. 131).

Para avaliação no protótipo, serão adotadas as 11 opções apresentadas pela pesquisadora.

Com relação à utilização do braille no lugar de símbolos, Widell e Groves reforçam essa caracterização: “O braille é a maneira de representação preferida. Quando utilizado com símbolos, deve trazer

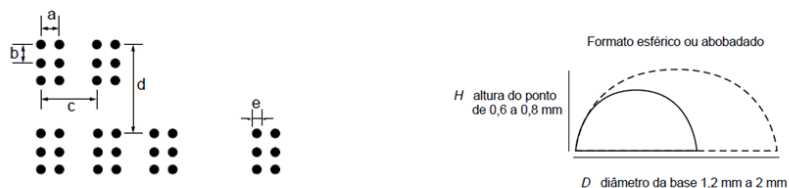
iniciais, o que é melhor do que texto ou legenda em números” (WIDEL; GROVES, 1969, tradução nossa).

Maestro Cano (2004²⁵ apud BERNARDI, 2007) alerta para que na criação de símbolos pontuais seja dada especial atenção para que esses não sejam confundidos com caracteres em braile. E orientações de Edman (1992); e Widel e Groves (1969) divergem das recomendações da NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015) no que diz respeito à altura do ponto braile. Sendo assim, nesta pesquisa será adotada a altura especificada na norma brasileira de acessibilidade.

2.6.13 Braile

De acordo com a NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015), o ponto braile deve ter aresta arredondada na forma esférica. O arranjo dos 6 pontos, sua distribuição em duas colunas e o espaçamento devem respeitar as especificações da norma, conforme Figura 28 (onde a representação está em milímetros).

Figura 28 - Arranjo geométrico dos pontos em Braile



a	b	c	d	Diâmetro do ponto e = D	Altura do ponto H
2,7	2,7	6,6	10,8	de 1,2 a 2,0	de 0,6 a 0,8
* D significa diâmetro.					

Fonte: Adaptado de NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015).

²⁵ MAESTRO CANO, I. C. Fomento de la movilidad de invidentes mediante cartografía táctil I: criterios de partida. Mapping Interactivo. **Revista Internacional de Ciências de la Tierra**, n. 91, p. 30-38. 2004.

A relação (P) entre a altura do ponto e seu diâmetro deve respeitar a seguinte fórmula (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015):

$$P = \frac{D}{H}$$

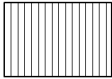

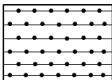
Onde, P é a proporção entre o diâmetro e a altura; D é o diâmetro do ponto, expresso em milímetros (mm) e H , é a altura do relevo, também expresso em milímetros, sendo:







- a) D deve estar entre 1,2 e 2,0mm;
- b) H deve estar entre 0,6 e 0,8mm;
- c) P deve estar entre 2,00 e 2,5mm.









A inserção do braile no mapa pode ser feita em qualquer ângulo, desde que possa ser lido da esquerda para direita e de baixo para cima (WIDEL; GROVES, 1969, tradução nossa).




O Quadro 7 traz o agrupamento de todas as informações disponibilizadas pelos autores consultados. A partir dessas informações, derivaram-se as adaptações, para que fosse possível caracterizar todas as dimensões dos elementos a serem representados.

Quadro 7 - Diretrizes para fabricação dos elementos táteis

ELEMENTO	SÍMBOLO / REPRESENTAÇÃO	OBSERVAÇÃO	FONTE
Textura 3		Distância entre o eixo das linhas: 2.4mm	JANSSON (1973 apud EDMAN, 1992, p. 226).
Textura 4		Distância entre a crista e o vale: 3mm Distância entre as linhas: 6mm Distância entre duas pontas: 8mm	JANSSON (1973 apud EDMAN, 1992, p. 226).
Textura 5		Distância entre os nós: 5mm Distância entre linhas: 5mm	JANSSON (1973 apud EDMAN, 1992, p. 226).

Espaçamento entre símbolos linhas simples e outros elementos		2.3mm a 3mm	EDMAN (1992, p. 218).
Espaçamento entre símbolos, linhas simples e outros elementos		6mm	BERNARDI (2007, p. 116).
Linhas pontilhadas 1		20 pontos para cada 25.4mm	ANGWIN (1968a; 1968b, apud EDMAN, 1992, p. 220); WIDEL e GROVES (1969)
Pontilhado duplo 1		Espaçamento mín. entre linhas: 1mm; Elevação: 0.4mm; Espessura da linha: 1.0mm	JEHOEL (2007, p. 131)
Linhas tracejadas 1		Comprimento dos traços: de 6 a 9mm Espaçamento entre os traços: metade do seu tamanho.	EDMAN (1992, p. 220).
Linha simples 1		Espessura de 1.0 a 1.9mm Elevação: 1mm	JEHOEL (2007, p. 93); EDMAN (1992, p. 210).
Linha dupla 1		Espaçamento mínimo entre linhas: 1.0mm	JEHOEL (2007, p. 94).
Linha ondulada 1		Espessura da linha: 1.0mm Elevação da linha: 0.4mm;	JEHOEL (2007, p. 131)
Comprimento mínimo de uma linha	Critério não adotado para linhas pontilhadas	De 12.7 a 25.4mm	NOLAN e MORRIS (1971 apud EDMAN, 1992, p. 218).
Letras maiúsculas mais utilizadas	A, B, C, E, F, H, I, J, L, Q, P, R, S, T, U, Y e Z	Altura: 14.2mm	SCHIFF (1966 apud EDMAN, 1992, p. 211).
Espaçamento entre linhas		6mm	EDMAN (1992, p. 250)
Lado mínimo para quadrado e triângulo		5.1mm	EDMAN (1992, p. 210)

Tamanho mínimo de áreas texturizadas		13mm	EDMAN (1992, p. 250)
Tamanho de símbolos		5.5mm a 7.1mm	JEHOEL (2007, p. 76)
Tamanho de símbolos		Mínimo de 12mm	BERNARDI (2007)
Elevação de linhas		1mm	EDMAN (1992, p. 208)
Elevação de texturas (<i>areal symbols</i>)		0.5mm a 1mm	EDMAN (1992, p. 208)
Elevação dos símbolos pontuais		1.5mm	EDMAN (1992, p. 208)
Símbolo pontual Q1		Espessura de linha: 1mm Elevação: 0.4mm Lado: 8.9mm	JEHOEL (2007, p. 131).
Símbolo pontual Q2		Espessura de linha: 1mm Elevação: 0.4mm Lado: 8.9mm	JEHOEL (2007, p. 131).
Símbolo pontual T1		Espessura de linha: 1mm Elevação: 0.4mm Lado: 10mm	JEHOEL (2007, p. 131).
Símbolo pontual T2		Espessura de linha: 1mm Elevação: 0.4mm Lado: 10mm	JEHOEL (2007, p. 131).
Símbolo pontual T3		Espessura de linha: 1mm Elevação: 0.4mm Lado: 10mm	JEHOEL (2007, p. 131).
Símbolo pontual C1		Espessura de linha: 1mm Elevação: 0.4mm Diâmetro: 8.9mm	JEHOEL (2007, p. 131).
Símbolo pontual C2		Espessura de linha: 1mm Elevação: 0.4mm Diâmetro: 8.9mm	JEHOEL (2007, p. 131).
Símbolo pontual C3		Espessura de linha: 1mm Elevação: 0.4mm	JEHOEL (2007, p. 131).

		Diâmetro: 8.9mm	
Símbolo pontual CZ1		Espessura de linha: 1mm Elevação: 0.4mm Altura: de 5.5mm a 9.9mm	JEHOEL (2007, p. 131).
Símbolo pontual CZ2		Espessura de linha: 1mm Elevação: 0.4mm Altura: de 5.5mm a 9.9mm	JEHOEL (2007, p. 131).
Símbolo pontual A1		Espessura de linha: 1mm Elevação: 0.4mm Altura: 8.9mm	JEHOEL (2007, p. 131).
Elevação de símbolos e linhas		0.02mm a 0.2mm	JEHOEL (2007, p. 76)
Elevação do Braille		0.6mm a 0.8mm	NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015)

Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

As informações contidas no Quadro 7 retratam as especificações de acordo com a fonte. Devido à falta de alguns critérios de representação (diâmetro dos pontos, elevação das texturas, crista e vale para ondulações), esses elementos foram adaptados para que fosse possível gerar um padrão, os quais foram aplicados no caso 5, desenvolvido nessa pesquisa.

2.7 MAPAS TÁTEIS E A PROTOTIPAGEM DIGITAL

Estudos comprovam que as pessoas com deficiência visual tiram proveito da utilização dos mapas táteis para adquirir conhecimento prévio de áreas urbanas. Ademais, o surgimento das técnicas de impressão em 3D leva a outros estudos de como esses recursos facilitam a orientação espacial das pessoas com deficiência visual nos ambientes (GUAL et al., 2011, tradução nossa).

Cabe salientar aqui a importância da utilização das técnicas de fabricação de elementos em 3D, pois, de acordo com Thompson e Chronicle (2006, tradução nossa), alguns estudos mostram que a

utilização desse tipo de representação pode melhorar o entendimento desse tipo de ferramenta pelos usuários.

As técnicas de prototipagem digital, tais como SLS, FDM, entre outras, permitem que a informação seja representada com uma maior complexidade volumétrica. Dessa forma, esse sistema de produção expande as possibilidades de melhoria dos dispositivos táteis voltados para auxílio das pessoas com deficiência visual (CHUA; LEONG; LIM, 2003²⁶ apud GUAL et al., 2011, tradução nossa).

Na elaboração de mapas táteis, de acordo com Edman (1992, p. 196, tradução nossa), os elementos devem ser representados com tamanha clareza que não prejudique a sua leitura, objetivando “[...] conduzir o leitor através do mapa, sem congestionamentos na leitura, símbolos facilmente diferenciados e a informação braile claramente definida [...]”.

Ainda sobre o assunto, Artur e Passini (2002 p. 215, tradução nossa) ressaltam que, embora os mapas táteis possam prover acesso a muitas informações que não são perceptíveis pelos demais sentidos do usuário, muitas vezes acabam em desuso em virtude do excesso de informação que polui o mapa, tornando-o ilegível, ou ainda, devido à insuficiência de informação relevante ao usuário.

Sendo assim, a prototipagem digital, em virtude dos resultados obtidos com a sua utilização, no que diz respeito à variedade de representações volumétricas, clareza e nitidez de resolução, tem possibilidades de suprir a demanda quanto ao método de fabricação.

²⁶ CHUA, C. K.; LEONG, K. F.; LIM, C. S. **Rapid prototyping**: principles and applications. New Jersey: World Scientific, 2003.

3 METODOLOGIA

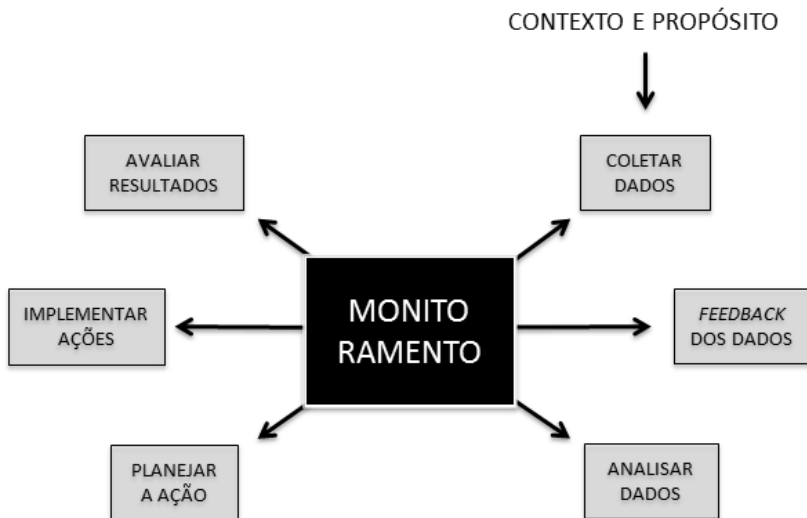
Esse capítulo trata dos métodos aplicados para o desenvolvimento de toda a dissertação. Por se tratar de uma pesquisa cujo objetivo principal é identificar de que forma devem ser representados os elementos táteis em um mapa tátil arquitetônico, tais critérios, além de serem pautados em experiências já realizadas por outros pesquisadores, necessitarão de validação pelos usuários, neste caso, pessoas com deficiência visual. No processo de busca de informações, foram encontrados 4 casos da aplicação da prototipagem digital na fabricação de mapas e maquetes táteis, os quais contribuíram para o desenvolvimento do quinto caso, correspondente à pesquisa aplicada nesta dissertação.

Dessa forma, a presente pesquisa se caracteriza pela coleta de informações quanto à caracterização dos elementos táteis, por meio da busca de exemplos da utilização da prototipagem digital como técnica de fabricação de mapas, maquetes táteis e também na elaboração de parâmetros de representação baseados nos critérios existentes. A partir disso, surge o projeto e a confecção de protótipos com os parâmetros desenvolvidos, empregando-se a prototipagem digital como técnica de fabricação, e, por fim, ocorre a validação desses parâmetros por especialistas em revisão de materiais táteis e em braile.

Dentre os métodos existentes de pesquisa, Dresch et al. (2015) caracterizam a participação ativa do usuário como uma pesquisa-ação. Nesta dissertação, adaptou-se o ciclo para condução da pesquisa proposto por Paul Coughlan e David Coughlan (2002²⁷ apud DRESCH et al., 2015), resenhado na Figura 29, com a inserção do método de painel de especialistas para análise e validação dos parâmetros desenvolvidos.

²⁷ COUGHLAN, P. COUGHLAN, D. Action reserach. Action research for operations management. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 22, p. 220-240, 2002.

Figura 29 - Ciclo para condução da pesquisa-ação



Fonte: Coughlan e Coughlan (2002 apud DRESCH et al, 2015).

Ressalta-se aqui que de todos os dados gerados a partir das entrevistas e testes, tais como texto, áudios, imagens e vídeos, somente estarão publicados na pesquisa aqueles que tiveram a assinatura dos participantes no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, seja em braile ou em meio digital, de acordo com a sua preferência de leitura (tátil ou por meio de softwares leitores). O modelo do termo apresentado encontra-se no Apêndice A deste estudo.

O Quadro 8 apresenta de forma resumida os objetivos específicos, os métodos correspondentes, os autores consultados relacionados a esses métodos e os resultados esperados para cada objetivo.

Quadro 8 - Estruturação das etapas da pesquisa

OBJETIVOS ESPECÍFICOS	MÉTODOS	PRINCIPAIS AUTORES	RESULTADOS ESPERADOS
Identificar o estado da arte de mapas táteis associados à prototipagem digital	Revisão sistemática	BEM e REINISCH (2014)	Caracterizar os diversos tipos de mapas táteis fabricados
Identificar a utilidade dos mapas táteis	Entrevista com usuários com deficiência visual / Pesquisa-ação	MARCONI e LALKATOS (2003) / DRESCH et al. (2015)	Verificar como o mapa tátil pode auxiliar na mobilidade em edificações
Caracterizar os elementos táteis existentes e definir parâmetros para representação	Revisão narrativa	-	Baseado em estudos já realizados, definir parâmetros para representação dos elementos táteis
Fabricar um protótipo com os parâmetros definidos utilizando-se a prototipagem digital			
Validar os parâmetros desenvolvidos	Painel de Especialistas (revisores braile)	VILLA e ORNSTEIN (2013)	Identificar os melhores parâmetros de representação de símbolos e elementos táteis

Fonte: desenvolvido pelo autor (2015).

3.1 PESQUISA-AÇÃO

A pesquisa-ação caracteriza-se pela participação ativa do pesquisador, tanto na contribuição quanto na interação com os objetos do estudo (DRESCH et al., 2015).

Esta pesquisa contou, não somente com a participação de especialistas (pessoas com deficiência visual atuantes na revisão de materiais em braile), mas também do pesquisador, desde a coleta e análise dos dados à elaboração de elementos a serem avaliados e validados. Dessa forma, o método caracteriza-se como pesquisa-ação, uma vez que o autor deixou de ser um observador e passou a ter um papel ativo na investigação. Ainda, de acordo com Dresch et al. (2015), na pesquisa-ação o pesquisador pode assumir dois papéis: a) participante na implementação de um sistema e, concomitantemente, b) avaliador de

uma técnica de intervenção, evidenciando, assim, o duplo papel desenvolvido pelo autor.

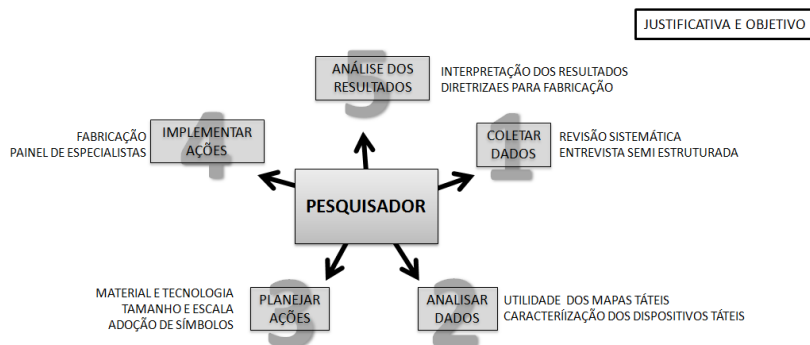
3.2 PAINEL DE ESPECIALISTAS

O painel de especialistas é um método que corresponde ao levantamento da opinião de pessoas capazes de contribuir com a elucidação de um problema (ELALI; PINHEIRO, 2013).

Para a validação dos parâmetros adotados, fez-se uso de uma adaptação do método de Painel de Especialistas, proposto por Elali e Pinheiro (2013), os quais trazem estratégias metodológicas para a análise da experiência de habitar. Sendo assim, os especialistas que atuaram nesta pesquisa correspondem aos revisores braile de instituições relacionadas às pessoas com deficiência visual e produção de matéria adaptada para esse público.

O fluxo para o desenvolvimento da pesquisa, considerando os métodos empregados e as suas principais atividades, pode ser visto na Figura 30.

Figura 30 - Esquema metodológico



Fonte: adaptado de Coughlan e Coughlan (2002 apud Dresch et al., 2015).

Partindo do contexto e propósito da pesquisa, já apresentados nos itens justificativa, relevância e objetivos deste estudo, a pesquisa é conduzida em 5 etapas:

1) *COLETAR DADOS*

Corresponde ao início do processo da pesquisa-ação. Compreende os métodos empregados em busca das informações relevantes para o estudo, que incluem a entrevista semiestruturada e a revisão sistemática.

a) Entrevista semiestruturada

A entrevista realizada foi de fundamental para avaliar a importância dos mapas táteis e demais elementos a eles associados na mobilidade das pessoas com deficiência visual. Um pré-requisito importante para a escolha dos usuários participantes da pesquisa foi a capacitação prévia em cursos de orientação e mobilidade. Justificando tal exigência, destacam-se aqui dois motivos citados por Jehoel (2007) em sua tese:

- É necessário certo nível de cognição espacial para a exploração e interpretação dos mapas táteis, uma vez que o usuário precisa entender as relações entre os elementos do mapa para que tenha condições de explorá-lo com sucesso;
- O usuário do mapa precisa de habilidades cognitivas, a fim de empregar a informação obtida no mapa no entendimento espacial de um ambiente maior.

Dessa forma, buscou-se, por meio da ACIC, um grupo de usuários que já tinham realizado os cursos de orientação e mobilidade ofertados pela instituição. Fez-se aplicação de uma entrevista do tipo não estruturada a um pequeno grupo de 09 pessoas, com o intuito de identificar a influência do uso dos mapas táteis nas suas vidas. Neste estágio, foi possível desenvolver soluções cada situação na direção desejada, com o objetivo de identificar os motivos, os sentimentos e a conduta das pessoas, sendo esses aspectos classificados por Marconi e Lakatos (2003) como despadronizados ou não estruturados.

Para que fosse possível manter sigilo quanto à identificação dos usuários e facilitar o reconhecimento de algumas informações de maneira resumida, adotou-se a nomenclatura composta de 07 algarismos alfa numéricos, de acordo com o critério apresentado no Quadro 9. Os critérios foram adotados tanto da etapa de análise das entrevistas quanto no painel de especialistas:

Quadro 9 - Critério de caracterização dos usuários

CRITÉRIO DE CARACTERIZAÇÃO DOS USUÁRIOS: XX YY ZZ W	
XX	Corresponde à sequência da entrevista, variando de 01 a 09.
YY	Corresponde a uma abreviatura do tipo de deficiência do usuário, sendo: BV (baixa visão); CC (cegueira congênita); CA (cegueira adquirida).
ZZ	Representam a idade do usuário.
W	Está relacionado com o sexo do entrevistado: F (feminino) e M (masculino).

Fonte: desenvolvido pelo autor (2015).

Exemplo: a denominação em código para o terceiro usuário, que possui as seguintes características: baixa visão, 35 anos de idade e sexo feminino, será da seguinte maneira: **03BV35F**.

As entrevistas foram realizadas individualmente e por telefone, estando o usuário fora do horário de trabalho e buscando atender à necessidade de cada um.

b) Revisão sistemática

Foi realizada uma revisão sistemática nas bases de dados on-line de instituições nacionais e internacionais, com o objetivo de se conhecer o estado da arte da prototipagem digital associada à fabricação de mapas e maquetes táteis.

2) ANALISAR DADOS

Após a fase inicial de coleta de dados compreendendo a revisão sistemática e a entrevista com usuários, os dados obtidos são analisados e sintetizados de acordo com os critérios descritos a seguir:

a) Utilidade dos mapas táteis

Partindo das entrevistas realizadas com os usuários, foi possível identificar qual a relevância do uso dos mapas táteis no cotidiano de um grupo de pessoas com deficiência visual. Além disso, destacam-se algumas características comportamentais dos usuários no que diz respeito à orientação e à mobilidade.

b) Estudos de caso

Nessa etapa são analisados 4 casos da utilização da prototipagem digital na confecção de mapas e maquetes táteis, os quais subsidiaram o desenvolvimento de um novo caso, 5.

3) PLANEJAMENTO

Diz respeito ao planejamento do protótipo impresso no caso 5, compreendendo as tecnologias, os materiais e a adoção de parâmetros e símbolos:

a) Material e tecnologia

Dentre as tecnologias de prototipagem digital disponíveis para essa pesquisa, foram testados FDM e PolyJet, a fim de identificar quais delas apresentariam um melhor desempenho.

A pesquisa foi desenvolvida no Laboratório de Prototipagem e Novas Tecnologias Orientadas ao 3D (PRONTO 3D/FABLAB), que consiste em um ambiente para o desenvolvimento de pesquisas no ensino e extensão nas áreas da fabricação digital. Dentre as técnicas disponíveis no FabLab há: impressão 3D (FDM), corte a laser e usinagem em máquinas CNC. Ainda, para que fosse possível a impressão a jato de fotopolímero, PolyJet, fez-se uso do convênio de parceria com o Centro de Tecnologia de Informação Renato Archer (CTI-Campinas), em projetos que envolvem protótipos impressos de alta tecnologia.

b) Tamanho e escala

Baseando-se nas especificações propostas pelos autores pesquisados, foi possível determinar parâmetros a serem utilizados na impressão do protótipo. Muitos dos critérios de representação foram adaptados tendo em vista a falta de informações necessárias à representação dos elementos, ou até mesmo na ânsia de se criar um padrão baseado na frequência das sugestões propostas para um mesmo tipo de elemento. Foram representados símbolos, linhas, texturas, letras em relevo e braile.

c) Adoção de símbolos

Na criação do protótipo fez-se uso tanto de símbolos sugeridos pelos autores pesquisados quanto de adaptações, para que não fossem negligenciados parâmetros já sugeridos por outros pesquisadores. Além disso, variações de tamanho (mínimo e máximo) foram adotadas, a fim de caracterizar a melhor forma de representação.

4) IMPLEMENTAR AÇÕES

Consiste na fabricação do protótipo seguindo os parâmetros determinados. Além disso, compreende o processo de avaliação realizado por especialistas em revisão de material tátil e braile:

a) Fabricação

Etapa de fabricação dos protótipos com as duas tecnologias (FDM e PolyJet). As configurações de impressão e demais informações sobre o processo são descritos no caso 5.

b) Painel de especialistas

O painel de especialistas trata do levantamento das informações advindas de pessoas consideradas capazes de elucidar questões envolvidas com o foco da pesquisa. Por se tratarem de critérios a serem adotados na fabricação de mapas táteis, foram consultados 3 (três) especialistas atuantes nas áreas de revisão e produção de dispositivos táteis e de material didático para pessoas com deficiência visual. Adotou-se o critério de representatividade para a escolha da quantidade de revisores.

A avaliação, de caráter qualitativo, relacionou-se aos critérios de detectabilidade, legibilidade, agradabilidade tátil e resistência, associados aos atributos de espessura, elevação, desenho, dimensões e leveza do material, conforme segue:

- a) Sensação ao toque, leveza, resistência à manipulação, legibilidade do material e tecnologia adotados para impressão;
- b) Espessura, formato, elevação e detectabilidade de linhas;
- c) Desenho, elevação, dimensões, detectabilidade e intuitividade quanto à percepção dos significados dos símbolos e letras em relevo;

d) Sensação ao toque, elevação e detectabilidade de texturas;

e) Sensação ao toque, elevação e legibilidade do braile;

Finalizada essa etapa, seguiu-se com a análise dos resultados, para que então fosse possível determinar parâmetros para a representação dos elementos táteis em mapas táteis.

5) ANÁLISE DOS RESULTADOS

Na última etapa de desenvolvimento do método são analisados os resultados da avaliação dos especialistas. Essa etapa se divide em:

a) Interpretação dos resultados

Nessa etapa apresenta-se a interpretação dos resultados das análises dos especialistas, com destaque para as observações feitas para os itens.

b) Diretrizes para fabricação

A partir dos resultados encontrados com a revisão dos especialistas, foi possível sugerir um padrão a ser adotado na fabricação de mapas táteis, que tem por objetivo facilitar a leitura e a fabricação desses elementos nos mapas táteis a serem produzidos.

A seguir, são apresentados os referenciais teóricos relacionados à temática que proporcionaram o entendimento dos conceitos e técnicas de fabricação.

4 UTILIDADE DOS MAPAS TÁTEIS

Na presente etapa, apresentam-se os resultados da entrevista (ver Apêndice B) realizada com 09 usuários acerca da utilidade dos mapas táteis no seu cotidiano e demais aspectos relacionados. Mesmo tratando-se de uma pequena amostra, ela traz resultados válidos para a pesquisa tendo em vista que são usuários que já realizaram o curso de orientação e mobilidade na ACIC, tornando-se habilitados para contribuir com os questionamentos relacionados ao tema.

Tendo em vista o fator motivacional da pesquisa, parte das perguntas estão relacionadas à utilização de shoppings por pessoas com deficiência visual

Nessa análise, as respostas foram agrupadas por similaridade, a fim de caracterizar numericamente os resultados:

- a) O processo de compra de 04 usuários (02BV46F, 05BV61F, 07CC33F e 09CC35F) se dá de maneira autônoma, apenas com o auxílio dos vendedores. Para os demais, a presença de conhecidos é importante, tendo em vista a desconfiança quanto à sugestão para escolha dos produtos dada pelo vendedor;
- b) Todos os 09 entrevistados passam pela experiência tátil e olfativa do produto antes de adquiri-lo, por considerarem de grande importância esse contato prévio à aquisição do bem, conferindo também maior autonomia;
- c) Quando questionados quanto à preferência em se deslocar, foi unânime a preferência pelo caminhar acompanhado, sendo que 02 usuários (01CC45F e 05BV61F) não fazem questão que seja por algum conhecido ou segurança do estabelecimento em que visitam. As razões estão relacionadas à maior segurança ao caminhar e à facilidade de localizar lojas e produtos;
- d) Com relação ao conhecimento da existência dos mapas táteis para mobilidade, 08 (01CC45F, 02BV46F, 04CC34F, 05BV61F, 06CA53M, 07CC33F, 08CC26F e 09CC35F) conhecem ou já ouviram falar, porém, apenas 02 (07CC33F e 09CC35F) já fizeram uso dessa ferramenta, atribuindo grande importância e relevância na sua utilização;
- e) Dentre os 09 entrevistados, 06 (03CC35F, 04CC34F, 05BV61F, 06CA53M, 07CC33F e 09CC35F) acreditam que a utilização do mapa tátil pode sim contribuir para auxiliar no deslocamento dentro de uma edificação, enquanto que 01

- (01CC45F) é descrente quanto à sua eficiência e 02 (02BV46F e 08CC26F) não souberam opinar em virtude da falta de experiência na sua utilização ou desconhecimento.
- f) Considerando a possibilidade de exploração prévia de um mapa tátil de um shopping, por exemplo, antes de se deslocar até o estabelecimento, 07 entrevistados (02BV46F, 03CC35F, 04CC34F, 05BV61F, 07CC33F, 08CC26F e 09CC35F) demonstraram interesse em realizar a visita. Os fatores que têm relação ao interesse estão ligados à possível tranquilidade no caminhar, adquirida pela leitura prévia; à ansia em elaborar o mapa mental do estabelecimento, baseado na leitura feita em partes e à utilização dessas informações no espaço físico; à possibilidade de se visitar outros locais em virtude do conhecimento da sua localização; e, ainda, à antecipação de barreiras e elementos existentes na edificação. A mesma quantidade de usuários tem o hábito de visitar shoppings, porém a quantidade aumenta para 08 (01CC45F) usuários quando questionados acerca da importância de se visitar esse tipo de estabelecimento, seja para realizar compras, tomar um café ou ir ao cinema;
- g) Quando questionados sobre a maneira pela qual um shopping poderia proporcionar um caminhar mais seguro e independente, 02 usuários (03CC35F e 07CC33F) atribuem esse benefício à existência de profissionais habilitados para prestar auxílio à mobilidade, o que não lhes proporcionaria independência, todavia, 01 usuário (04CC34F) acredita que a instalação de pisos táteis seria suficiente e 05 (01CC45F, 02BV46F, 05BV61F, 08CC26F e 09CC35F) sugerem a instalação de pisos táteis associados a mapas táteis, ou seja, mapas com a representação dos pisos e 01 usuário (06CA53M) não soube responder. No que diz respeito aos pisos táteis existentes, 02 usuários (01CC45F e 02BV46F) os veem de forma negativa, tendo em vista o desconforto ao caminhar sobre os relevos e o seu assentamento inadequado em grande parte da cidade, prejudicando a credibilidade das informações que representam. Destaca-se aqui a importância, seja na fiscalização das obras ou na disseminação adequada das informações quanto à instalação dos pisos táteis;
- h) Com relação à segurança em se buscar a informação em um mapa ou consultando uma pessoa, 03 usuários (01CC45F, 02BV46F e 07CC33F) preferem consultar uma pessoa,

mesmo que seja um estranho, em função da velocidade de resposta ou ainda, pela falta de hábito na utilização de mapas táteis. Já 05 respondentes (04CC34F, 05BV61F, 06CA53M, 08CC26F e 09CC35F) preferem utilizar o mapa, tendo em vista a maior autonomia, confiança e independência proporcionada. Apenas 01 usuário (03CC35F) se absteve de responder, tendo em vista o desconhecimento dos mapas táteis;

- i) Em ordem decrescente de influência na localização dos usuários, os referenciais aparecem da seguinte forma: variação de pisos e cheiros; mobiliários; elementos construtivos e fontes sonoras; comunicação visual; e, por fim, iluminação. Vale ressaltar que, dependendo da edificação, os odores não são variáveis, tornando esse tipo de referencial mais escasso, da mesma forma ocorre com a existência de fontes sonoras. Com relação à comunicação visual e incidência de luz, elas somente são relevantes para aqueles com visão residual ou sensíveis a fontes luminosas. Sendo assim, podemos organizar os referenciais na seguinte ordem: (1) variação de pisos; (2) mobiliários e elementos construtivos; (3) odores e fontes sonoras; (4) iluminação e comunicação visual;
- j) Já com relação aos sentidos que influenciam na orientação espacial dos usuários, eles aparecem em ordem decrescente de relevância do seguinte modo: (1) tato; (2) audição; (3) olfato; (4) visão. Percebe-se que, embora as fontes sonoras e olfativas apareçam equiparadas em relevância de informação ambiental, quando os sentidos são analisados isoladamente, a audição tem predominância em relação ao olfato;
- k) Quanto ao método empregado para mensurar a distância percorrida, 01 usuário utiliza a contagem dos passos; 02 (06CA53M e 07CC33F) a fazem baseada na noção de distância percorrida adquirida pela experiência; 01 usuário (04CC34F) faz uso de referenciais ou *landmarks*; 03 respondentes (01CC45F, 03CC35F e 08CC26F) não mensuram a distância e os 02 entrevistados com baixa visão (02BV46F e 05BV61F) fazem uso da visão residual;
- l) No que diz respeito à técnica adotada para identificar, dentre diversas portas qual delas corresponde ao destino desejado, 04 usuários (05BV61F, 07CC33F, 08CC26F e 09CC35F) fazem uso da exploração tátil com a bengala e com as mãos; 02 (03CC35F e 04CC34F) fazem uso apenas da bengala; 01

(01CC45F) faz uso do referencial sonoro associado à exploração com a bengala; e 02 usuários (02BV46F e 06CA53M) fazem uso da exploração manual em conjunto com o referencial sonoro, tendo em vista que não utilizam bengala. Contudo, a percepção da fonte sonora só será possível se a porta estiver aberta, ou se o interior do ambiente possuir um elevado nível de ruído;

- m) De maneira geral, quando questionados quanto à sensação proporcionada pela possibilidade de busca autônoma de informações e o deslocamento independente dentro de um shopping, em primeiro lugar surge o sentimento de autonomia, seguido da segurança, realização pessoal e, por fim, conforto.

A análise da amostra evidenciou algumas lacunas existentes quanto conhecimento e uso dos mapas táteis. Por outro lado, na existência de mapas para mobilidade de uma edificação, os usuários se dizem interessados no estudo prévio do mapa para conhecimento do ambiente, antes de se deslocar dentro dele. Somado a isso, há um expressivo interesse na busca por esse tipo de auxílio, a fim de ter uma maior autonomia de mobilidade, perto de uma realidade em que predomina a preferência pelo caminhar acompanhado. Esses resultados, embora atribuídos a uma pequena parcela da população, demonstram a grande importância dos estudos para desenvolvimento de ferramentas e tecnologias para auxílio das pessoas com deficiência visual.

No próximo capítulo serão caracterizados os diversos elementos existentes em um mapa tátil, os quais subsidiaram a elaboração dos parâmetros desta pesquisa.

5 REVISÃO SISTEMÁTICA: MAPAS TÁTEIS ASSOCIADOS À PROTOTIPAGEM DIGITAL

O presente capítulo detalha o processo de busca por estudos da aplicação da prototipagem digital na fabricação de mapas e maquetes táteis. Para realização desta etapa, a pesquisa partiu de uma revisão sistemática optando-se pelo recorte entre os anos de 2004 a 2014 em virtude do ano de publicação da norma brasileira NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2004), em busca de publicações sobre o tema “mapas táteis”.

A partir desses resultados, foi feita uma nova classificação para identificar quais publicações tratavam dos assuntos mapa tátil e maquete tátil, associadas à prototipagem digital. A análise empregada surgiu a partir de uma revisão bibliográfica exploratória, de um conjunto de artigos resultantes de uma busca no portal Capes, utilizando-se das palavras-chave de interesse, “*tactile map*”; “*tactile model*”; “*tactile scale model*”; “*additive manufacturing*”; “*digital fabrication*”; e “*rapid prototyping*”. A partir de então, uma nova pesquisa foi feita no mesmo portal para identificar quais as bases de dados detinham as publicações de tais periódicos. Com isso, dentre as bases disponíveis para pesquisa no portal, foi possível selecionar somente as bases de interesse, realizando uma busca sistemática da literatura. Em cada uma das bases, foi feita uma nova busca (pesquisa avançada), a fim de refinar a pesquisa e obter-se dados mais objetivos.

Para gerenciar a pesquisa como um todo, fez-se uso do protocolo de pesquisa (ver Apêndice C) sugerido pela Biblioteca Universitária da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), em que são descritas as estratégias de busca de acordo com as bases de dados, filtro de período de tempo, idioma da publicação, campos de busca e estratégia de pesquisa (operadores booleanos²⁸, truncagem, termo exato, aproximação etc.).

O resultado das pesquisas obtidas em cada uma das bases foi exportado para a ferramenta de publicação e gerenciamento bibliográfico, citações e referências, *EndNote web*, o qual permitiu a organização dos resultados por base de dados consultada.

²⁸ Operadores booleanos são palavras que têm o objetivo de definir para o sistema de busca como deve ser feita a combinação entre os termos, as quais são apresentadas nas ferramentas ajuda/*help* nas bases de dados.

Cabe aqui fazer algumas observações sobre as ferramentas de algumas bases que não foram satisfatórias na amostragem dos resultados:

- a) Biblioteca Digital Brasileira de Teses e Dissertações (BDTD): em função de inconsistências no processo de busca da base de dados, alguns termos de pesquisa foram suprimidos, como pode ser observado no Apêndice C deste estudo;
- b) Banco de Teses e Dissertações da Capes: em função de incongruências nas orientações e funcionamento da ferramenta de busca, foi necessário realizar a pesquisa com cada tópico individualmente;
- c) *Wiley Online Library*: a ferramenta de exportação de resultados de busca da base dados para o gerenciador *EndNote Web* não estava funcionando. Sendo assim, foi feita a busca da base *Wiley Online Library* diretamente pela ferramenta de busca do gerenciador *EndNote Web* conectado à base em questão.
- d) *Springer Link*: embora a base de dados tivesse apresentado um considerável número de resultados, em virtude da sua incompatibilidade com o software gerenciador na exportação dos dados, a base não foi considerada no recorte de análise

Sabe-se que uma mesma referência pode estar cadastrada em mais de uma base, o que pode gerar falsas impressões em relação à exclusividade do conteúdo e o número de fontes de informação disponibilizadas pelas bases. Além disso, uma mesma base pode trazer como resultado da busca a referência de todos os artigos publicados nos anais do evento e também a referência de cada um dos artigos que faz parte dos anais, o que acaba por configurar também uma duplicidade de referências. Dessa forma, foi feita a análise da duplicidade das publicações, resultando no Quadro 10.

Quadro 10 - Resultado da exclusão das referências repetidas

BASE	INICIAL	EXCLUÍDA	FINAL
EBSCO	13	9	4
Teses Capes	1	1	0
BDTD	3	0	3
<i>Civil Engineering Abstracts</i>	4	3	1
Dedalus	1	0	1
<i>Derwent Innovations Index</i>	10	0	10
<i>Dissertations and Thesis</i>	7	0	7
<i>Dspace@mit</i>	2	0	2
<i>Engineering Village</i>	31	31	0
<i>J Stage</i>	2	1	1
<i>Sage Journals On Line</i>	5	2	3
<i>Science Direct</i>	13	7	6
<i>Scopus</i>	129	36	93
<i>Web of Science</i>	40	0	40
<i>Wiley</i>	61	6	55
<i>Cumincad</i>	4	1	3
TOTAL FINAL	326	97	229

Fonte: desenvolvido pelo autor (2014).

A primeira coluna do Quadro 10, base, diz respeito à ‘Base’ de dados consultada, sendo a coluna ‘Inicial’ correspondente ao número de documentos encontrados. Já a coluna ‘Excluída’ diz respeito ao número de publicações retiradas da análise em virtude da sua repetição. Por fim, a coluna ‘Final’ corresponde ao número de publicações inéditas em cada base.

Avaliando-se o resumo dos trabalhos, foi possível dividir o resultado das buscas em que os termos utilizados nos tópicos da pesquisa foram encontrados em cinco grandes áreas de aplicação:

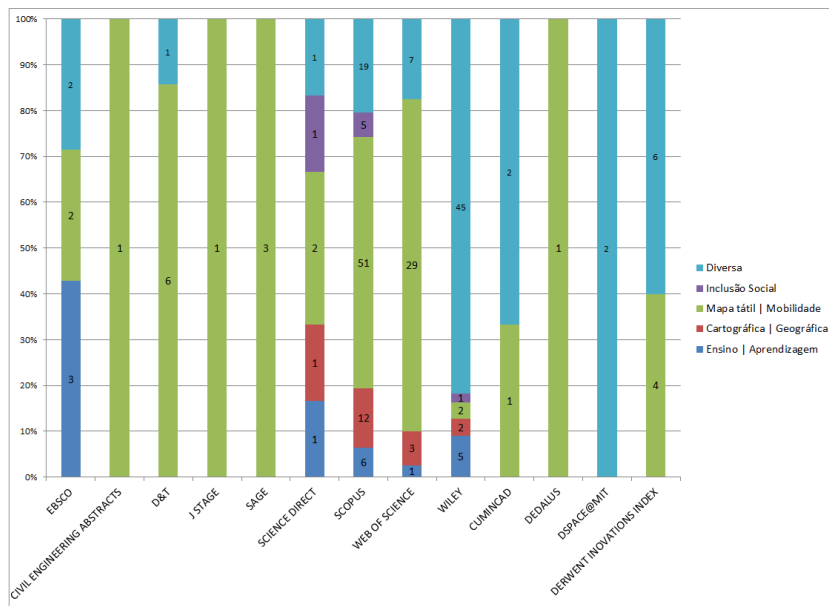
- a) A classificação em “Ensino/Aprendizagem” foi adotada em virtude de o assunto trazido nessas publicações estar relacionado ao emprego no ambiente escolar em que o resultado da aplicação dos mapas/matrizes táteis não tinha

relação direta com o conteúdo analisado, mas sim com o aprendizado de diversas disciplinas resultantes da aplicação dos elementos táteis.

- b) Já “Cartográfico/Geográfico”, está restrito ao aprendizado de conteúdo exclusivo das áreas cartográficas e geográficas, independentemente do fim ser educacional (ambiente escolar) ou não.
- c) A classificação “Inclusão social” está relacionada aos mecanismos para inclusão de pessoas com deficiência ao cotidiano, como por exemplo, na percepção da arte.
- d) As publicações identificadas como “Diversa” dizem respeito às produções onde os termos de busca foram encontrados, porém não estão relacionados necessariamente a pessoas com deficiência ou mesmo a mapas táteis para auxílio à mobilidade.
- e) As publicações classificadas como “Mapa tátil/Mobilidade” dizem respeito não somente à fabricação, uso e avaliação de mapas táteis para mobilidade, mas também a aspectos relacionados com a sua fabricação e estudo, como por exemplo, critérios para elaboração de simbologias, aspectos cognitivos da leitura tátil, desempenho de equipamentos para sua fabricação, dispositivos associados ao uso desses, ou seja, todo e qualquer resultado que possa contribuir para o conhecimento do tema e enriquecimento de informações para a elaboração de um mapa tátil.

O Gráfico 1 apresenta o resultado da classificação para cada uma das bases de dados consultadas.

Gráfico 1 - Classificação geral dos resultados



Fonte: desenvolvido pelo autor (2014).

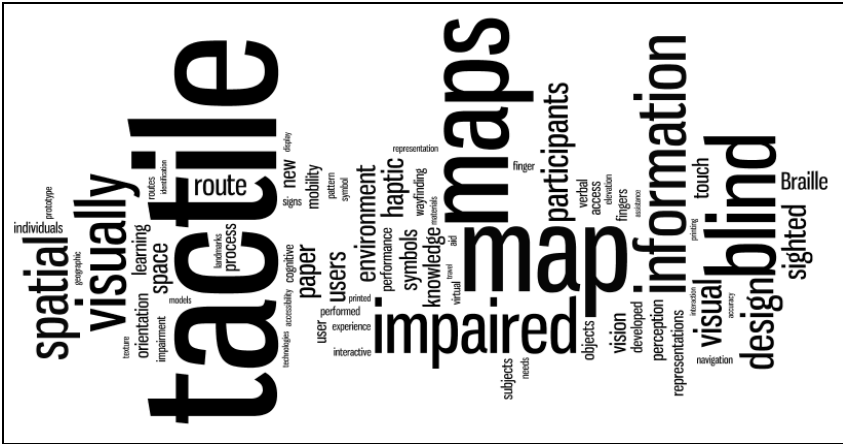
Cabe aqui trazer a diferença entre os termos “maquete tátil” e “mapa tátil”, que consiste na maneira com que os elementos são representados. Maquete tátil traz a real informação volumétrica e em menor escala, já o mapa tátil traz a informação codificada em elementos simbólicos, tais como pontos, linhas e superfícies (GUAL et al., 2011), contudo ambos são empregados para orientação e mobilidade.

Buscou-se identificar quais os termos mais recorrentes nas publicações, como um parâmetro para identificar de maneira mais genérica o conteúdo das publicações resultantes da pesquisa. Foi utilizada a ferramenta *Wordle*, de acesso gratuito na internet. Por intermédio do agrupamento de todos os resumos (classificados como Mapas táteis | Mobilidade), excluindo-se palavras sem significado como *made*, *better*, *developed*, *study* etc., e mantendo-se apenas as que tivessem maior relação com os assuntos abordados nos trabalhos, restaram um total de 72 palavras de maior recorrência, como pode ser observado na Figura 31.

Salienta-se que algumas das publicações, embora fossem disponibilizadas mediante acesso restrito via *Virtual Private Network*

(VPN), ainda assim não apresentavam resumo ou artigo completo disponível, dessa forma, algumas publicações não foram analisadas.

Figura 31 - Palavras mais recorrentes



Fonte: desenvolvido pelo autor (2014).

O surgimento de algumas palavras em destaque, tais como *tactile*, *maps*, *impaired*, *visually* e *blind* já era esperado, pois elas estão diretamente relacionadas ao tema da pesquisa. Já a palavra *new*, demonstra o ineditismo das pesquisas e tecnologias nessa temática, conforme destacado por Ahmed, McCallum e Sheldon (2005):

A tecnologia de impressão a jato de tinta é um novo método de fabricação por deposição com grande precisão. Consequentemente tem sido aplicado para fabricação de elementos em 3D e micro estruturas mecânicas. Ainda, a tecnologia a jato de tinta tem sido utilizada para fabricação de mapas táteis para pessoas com deficiência visual. (AHMED; MCCALLUM; SHELDON, 2005, p.1699).

Outra palavra importante é *users*, que induz à importância da participação do usuário durante o processo de desenvolvimento das pesquisas, uma vez que está diretamente relacionada à percepção das pessoas com deficiência (usuário fim).

Em uma pesquisa desenvolvida por Gual et al. (2011, p. 7), para avaliar de forma qualitativa o uso dos mapas táteis impressos em 3D no auxílio à mobilidade das pessoas com deficiência visual para identificar e memorizar rotas, nota-se que: “[...] os participantes estavam interessados e motivados em contribuir com o desenvolvimento dos mapas táteis, uma vez que servirão para melhorar sua mobilidade e autonomia”.

Ainda, de acordo com Voigt e Martens (2006), estudos mais aprofundados sobre a elaboração de modelos táteis para auxílio à mobilidade demandarão a participação de todos os usuários passíveis de utilização:

Outras etapas do trabalho envolverão uma série de testes mais aprofundados com cegos, baixa visão e pessoas idosas para validar as conclusões e as propostas dos modelos (campos de aplicação, espectro de uso) e as características requeridas (escala e nível de detalhamento). (VOIGT; MARTENS, 2006).

O surgimento da palavra *verbal* demonstra que há também esse tipo de informação no desenvolvimento dos protótipos para auxílio à mobilidade, podendo até mesmo representar uma tendência de desenvolvimento dos produtos. Conforme Blades et al. (1999, p. 543), pesquisas sugerem que a informação verbal terá um melhor aproveitamento se combinada com a informação tátil: “[...] as pessoas que adquirem a informação sobre determinado ambiente, de forma verbal ou escrita, reterão mais da informação se a obtiverem em conjunto com um mapa. (BLADES et al., 1999, p. 543).

Com o resultado dessa análise, foi possível identificar de que forma a prototipagem digital está inserida na fabricação de mapas e maquetes táteis, trazendo assim informações importantes para o desenvolvimento dos parâmetros e para a fabricação do protótipo, tais como: tamanho dos elementos, desempenho das tecnologias utilizadas, seus materiais e intervenções pós-processamento.

6 ESTUDOS DE CASO

Neste capítulo serão apresentados cinco estudos de caso. Os quatro primeiros são estudos desenvolvidos por outros autores, que resultam da revisão sistemática realizada. Os resultados obtidos com cada um dos quatro estudos direcionaram quanto às escolhas inéditas das técnicas empregadas no quinto caso, que corresponde à aplicação desta pesquisa. Destacam-se ainda as vantagens e desvantagens de cada uma das técnicas adotadas, sejam essas em função das tecnologias ou dos materiais empregados.

6.1 CASO 1

Um exemplo do emprego das técnicas de prototipagem digital para elaboração de maquetes táteis, as quais podem ser empregadas para proporcionar a aproximação das pessoas com deficiência visual do contexto histórico (VOIGT; MARTENS, 2006, tradução nossa), é o resultado da tese de doutorado de Christoph Oberhofer. Trata-se de uma maquete fixa, desenvolvida na Universidade de Tecnologia de Viena, na Áustria, na reconstrução de uma sinagoga desenhada pelo arquiteto Jacob Modern e destruída em 1938 (MARTENS; STELLINGWERFF, 2005, tradução nossa). Para tal reprodução, optou-se pela junção de duas técnicas de prototipagem digital: **corte a laser** (Figura 32) e **impressão baseado em pó de celulose** (Figura 33), dividindo-se o elemento em peças passíveis de representação plana e volumétrica em virtude do tempo e custo de fabricação dos elementos (OBERHOFER, 2005, tradução nossa).

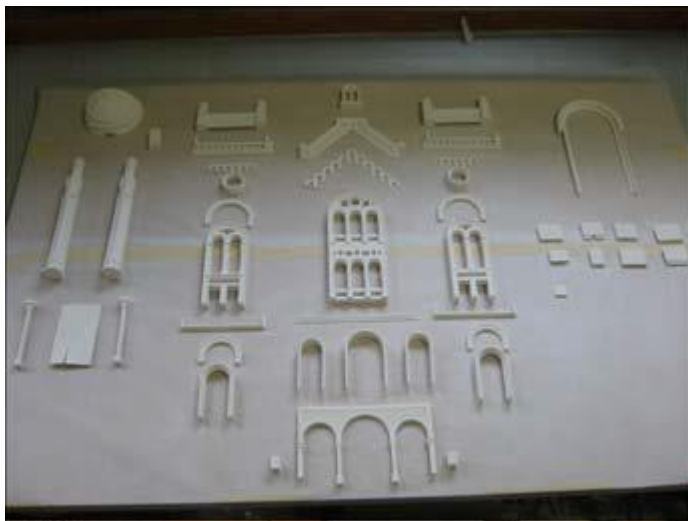
Diferentemente das partes cortadas a laser, produzidas em MDF, as partes impressas em 3D, depois de respeitado o processo de cura, necessitaram de dupla camada de tinta automotiva incolor, para que apresentassem maior resistência (OBERHOFER, 2005, tradução nossa).

Figura 32 - Maquete - tátil corte a laser



Fonte: Oberhofer (2005).

Figura 33 - Maquete tátil - impressão em pó



Fonte: Oberhofer (2005).

Com relação à tecnologia de corte a laser, Oberhofer (2005, p. 102- 109, tradução nossa) destaca como aspectos positivos: (1) precisão

nos cortes com encaixe perfeito dos elementos; (2) rapidez de fabricação das peças; e (3) menor custo de fabricação. Já como aspecto negativo, há a (1) limitação de representação de elementos em virtude da complexidade volumétrica.

No que diz respeito à tecnologia de impressão baseada em pó, o autor destaca como aspecto positivo a (1) viabilidade na representação dos elementos com volumetria complexa; e, como aspectos negativos: a (1) fragilidade do material impresso; (2) a necessidade de um pós-processamento para desbaste das arestas com uma lixa, tendo em vista a inexistência de tolerância nas operações booleanas para modelagem das peças, essas foram ligeiramente superdimensionadas na ordem de 1mm a fim de garantir os encaixes; (3) necessidade de novo pós-processamento para aumento da resistência dos elementos; (4) maior custo de fabricação; e (5) maior tempo de impressão.

Como resultado do emprego das maquetes táteis, Voigt e Martens (2006, tradução nossa) relatam que esses modelos servem tanto para transmitir um prévio conhecimento do local a ser explorado como para subsidiar o treinamento no processo de orientação no local a que se destina, bem como auxiliar na orientação das pessoas no local e até mesmo enriquecer o processo de elaboração do mapa mental. Somado a isso, os autores ressaltam a clara necessidade desses modelos, tendo em vista o crescimento do número de idosos na população que sofrem com algum grau de deficiência visual.

O modelo construído pode ser considerado inovador na produção de maquetes híbridas, uma vez que estrutura-se tanto em técnicas de impressão em 3D quanto em corte a laser (OBERHOFER, 2005, tradução nossa). O autor não traz as dimensões finais da maquete, apenas a escala de representação de alguns elementos, como por exemplo, as Figuras 34 e 35, na escala 1:50.

Figura 34 - Maquete tátil híbrida - vista



Fonte: Oberhofer (2005).

Figura 35 - Maquete tátil híbrida - detalhe



Fonte: Oberhofer (2005).

6.2 CASO 2

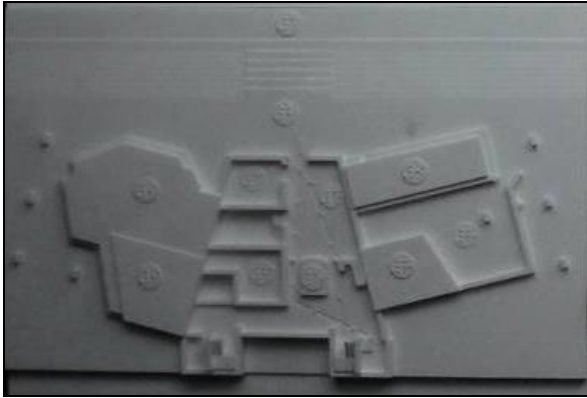
Enquanto alguns pesquisadores estão focados nos aspectos psicológicos dos mapas táteis, outros estão mais voltados aos materiais e técnicas existentes para sua fabricação (JEHOEL et al., 2005²⁹ apud MILAN; CELANI, 2006). Com foco em atender a esses dois aspectos, Milan e Celani (2006) desenvolveram uma pesquisa para elaboração de maquetes táteis móveis, com o objetivo de responder também à seguinte pergunta: É possível construir maquetes táteis com a utilização da prototipagem digital?

Empregando-se a técnica de **sinterização seletiva a laser**, foram produzidas duas maquetes: a primeira delas com o objetivo de orientar os usuários como acessar o laboratório de acessibilidade da biblioteca central da UNICAMP, situado no primeiro pavimento, partindo do acesso principal da biblioteca. O material empregado foi poliamida (*nylon*) em pó. Esse modelo foi dividido em duas partes, uma delas representando o térreo (Figura 36) e outra o primeiro andar (Figura 37). Ambas as peças têm dimensões aproximadas de 300mm de comprimento por 220mm de largura. Ainda, cada uma delas possui uma legenda com as dimensões de 100mm por 300mm. O segundo modelo, apresentando o interior do laboratório de acessibilidade, com a disposição das mesas, prateleiras e equipamentos, contudo, sem apresentar a rota definida (MILAN; CELANI, 2006), corresponde à Figura 38, e possui 400mm de comprimento por 200mm de largura e sua legenda 100mm por 200mm.

Os modelos fabricados para a pesquisa foram produzidos no Laboratório de Prototipagem Rápida do Centro de Pesquisas Renato Archer (CENPRA), hoje chamado de Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), em Campinas, Brasil, sendo posteriormente avaliados por seis voluntários, de diferentes idades e graus de deficiência visual, tanto mulheres quanto homens (MILAN; CELANI, 2006).

²⁹ JEHOEL, S., et al. An evaluation of substrates for tactile maps and diagrams: scanning speed and users' preferences. **Journal of Visual Impairment & Blindness**, v. 99 n. 2, p. 85-95, 2005.

Figura 36 - Maquete tátil do pavimento térreo



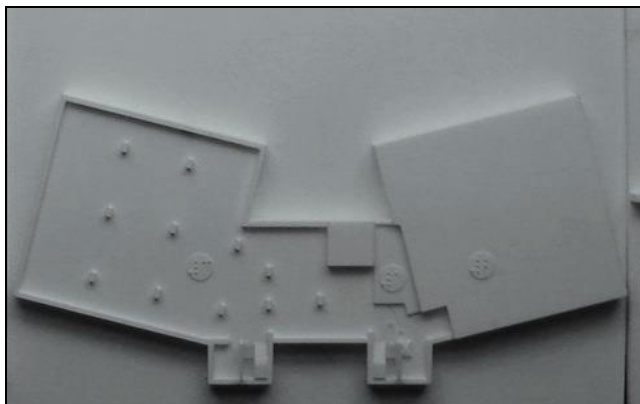
Fonte: Milan e Celani (2006).

Figura 37 - Maquete tátil do laboratório de acessibilidade



Fonte: Milan e Celani (2006).

Figura 38 - Maquete Tátil do pavimento superior



Fonte: Milan e Celani (2006).

A construção dos modelos partiu do levantamento métrico e fotográfico do espaço com posterior modelagem geométrica fazendo uso do software *AutoCad*. Algumas abstrações e simplificações tiveram de ser feitas com o intuito de evitar confusões com alguns elementos dos espaços, além disso, a espessura de algumas paredes e outros elementos foram ampliados para trazer maior resistência à manipulação do modelo. Símbolos e legendas foram adicionados, com o tamanho do braile atendendo às especificações existentes na norma brasileira NBR 9050 (MILAN; CELANI, 2006).

Como resultado da implementação da tecnologia de SLS, tem-se: a) eficiência na representação dos elementos; b) a grande resolução de impressão permitiu uma renderização perfeita das legendas em braile, com conseqüente facilidade de leitura; c) leveza do material; e d) resistência à manipulação tátil. Já como aspecto negativo, há o a) elevado custo de produção (MILAN; CELANI, 2006).

6.3 CASO 3

Nesta pesquisa desenvolvida por Gual et al. (2011), foram desenvolvidos 3 mapas táteis móveis, sendo o primeiro deles de orientação, utilizando-se a técnica de **CNC** em folhas de termoplástico rígido, e os outros dois, mapas de mobilidade, utilizando-se a técnica de **impressão 3D colorida** (os autores não especificam o tipo de material utilizado na impressão).

Abordaremos aqui o terceiro mapa, o de mobilidade, que corresponde a uma versão corrigida do segundo mapa produzido. Esse estudo teve como objetivo o uso de técnicas de pesquisa qualitativas para analisar o uso dos mapas táteis, impressos em 3D, a fim de permitir aos usuários identificarem e memorizarem rotas. A análise foi desenvolvida utilizando-se um modelo de avaliação baseado nos princípios do Desenho Universal. O terceiro mapa (Figura 39) trouxe não somente volumetrias em 3D, mas também características típicas de mapas táteis 2D, juntamente com a legenda (Figura 40). O dispositivo foi desenvolvido para ser utilizado tanto com a percepção tátil quanto visual, ampliando assim a possibilidade de utilização, porém não é portátil e foi desenhado para ser utilizado em casa. As dimensões do mapa correspondem a 219mm de comprimento por 190mm de largura.

Figura 39 - Mapa tátil em impressão 3D colorida



Fonte: Gual et al. (2011).

Figura 40 - Legenda - mapa tátil



Fonte: Gual et al. (2011).

O mapa apresenta uma área da cidade de Barcelona, Ciutat Vella, particularmente onde está localizado o museu *Marítim*. O objetivo da representação dessa área foi facilitar o acesso à cultura por parte das pessoas com deficiência visual, tendo em vista que o museu dispõe de equipamentos e dispositivos voltados para a acessibilidade desses usuários. Dessa forma, eles poderiam aumentar a sua participação social e conhecimento histórico e cultural da região histórica da Catalonia.

No mapa estão representadas as ruas, o tipo de pavimentação local, os equipamentos urbanos existentes e as suas relações. Para a representação dos elementos, foram utilizadas formas geométricas mais básicas, como pirâmides, cilindros e cones, para facilitar a percepção dos usuários. Além disso, há uma legenda com os respectivos significados em braille e em texto, passível de leitura para pessoas com baixa visão, e traz também a menor rota entre a saída do metrô e acesso ao museu.

Como resultado da utilização do mapa neste estudo, os autores Gual et al. Constatam, como aspectos positivos, que: a) o mapa impresso pode facilitar o aprendizado de específicas áreas e sua aplicação pode dar suporte à autonomia dos usuários no deslocamento; b) a utilização do mapa favoreceu a elaboração do mapa cognitivo, servindo então para o conhecimento dos ambientes e rotas urbanas por parte dos usuários cegos e com baixa visão, podendo até reduzir a

ansiedade e receio dos usuários ao transitarem por uma rota até então desconhecida; c) Impressões em 3D têm eficiência como técnica de fabricação de mapas; d) as formas volumétricas do desenho aumentam as possibilidades relacionadas à interpretação tátil; e) o emprego de variações de cores facilitou a percepção pelo usuário com baixa visão. Já como aspecto negativo, os autores ressaltam a necessidade de suporte verbal para o entendimento do mapa.

6.4 CASO 4

Outro exemplo da combinação de duas técnicas de prototipagem digital é o trabalho desenvolvido por Capeli e Bernardi, durante os anos de 2010 e 2011. É um trabalho de Iniciação Científica cujo objetivo era o aprimoramento de um mapa tátil com recursos sonoros para a área central do Campus da UNICAMP, com o desenvolvimento de simbologias e instrumental apropriado para a leitura e manipulação por pessoas com baixa visão e cegueira, além de verificar a sua usabilidade e incluir recursos tecnológicos que possibilitassem a obtenção da informação de forma fácil e correta (CAPELI; BERNARDI, 2011).

Trata-se de uma maquete fixa que alia características de mapas táteis tendo em vista sua base planificada. Já as edificações têm representações volumétricas, caracterizando-a, assim, como uma maquete, porém, suas dimensões não foram informadas pelos autores.

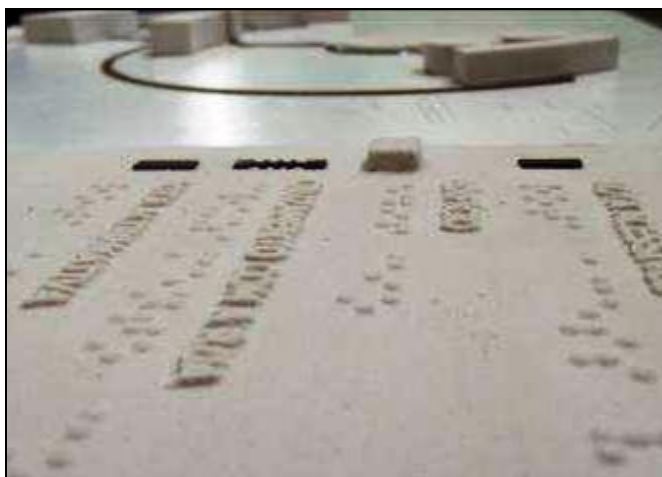
O primeiro processo utilizado foi o de **corte a laser** (Figura 41) em placas de laminados, para representação da rota que os usuários deveriam seguir quando do deslocamento naquela região do Campus. A segunda técnica, **impressão 3D baseada em pó** (Figura 42), foi utilizada para a fabricação das legendas em braile e das edificações existentes no Campus.

Figura 41 - Desenho do mapa em corte a laser



Fonte: Capeli e Bernardi (2011).

Figura 42 - Legenda e edificações existentes



Fonte: Capeli e Bernardi (2011).

Após a elaboração dos modelos, eles foram submetidos aos usuários para: verificação e ajustes dos protótipos; e uma análise da melhor escala de representação, das simbologias adotadas e dos materiais e texturas empregados.

Como resultado da implementação da técnica de corte a laser, tem-se: a) uma maior precisão na confecção do mapa, gerando um produto com bom acabamento; e b) a possibilidade de se gerar cortes com diferentes profundidades, o que permitiu a elaboração de diferentes texturas no mesmo material, variando de vincos a cortes. Já com relação à técnica de Impressão 3D em pó, os autores destacaram que: a) em virtude da técnica e da matéria prima adotada, o elementos não obtiveram resistência suficiente para a manipulação; b) há falha de impressão de alguns pontos braile, apesar de estarem contemplados do arquivo digital; c) o acabamento é extremamente áspero, podendo prejudicar o tato do usuário; d) há variação dimensional com prejuízo de encaixe na base cortada a laser, tanto pelo processo de impressão quanto em virtude da necessidade aplicação de uma camada protetora de Goma Laca, afim de conferir maior resistência dos modelos.

Contudo, apesar dos aspectos negativos citados, os autores ainda destacaram que os processos de prototipagem digital se mostraram muito mais precisos, fáceis e rápidos de se executar, se comparados aos processos artesanais de fabricação de mapas e maquetes.

Percebe-se que os mapas e maquetes táteis são de grande relevância no auxílio à mobilidade das pessoas com deficiência visual. A possibilidade de representar a arquitetura, tanto a edificação quanto os espaços e a relação entre seus elementos com maior precisão e clareza dos detalhes, facilita o processo de leitura e entendimento por parte dos seus usuários.

A prototipagem digital surge, então, como uma ferramenta extremamente útil na confecção dos modelos táteis. Uma das características que pode ser destacada é a possibilidade de representação com grande resolução das texturas, símbolos e texto em braile, facilitando a sua leitura, além da resistência do produto à dinâmica que se associa ao processo de leitura.

Além disso, ainda que nos exemplos citados apenas um modelo tenha sido produzido, a tecnologia de prototipagem digital permite que cópias sejam geradas com um simples apertar de botão, tendo-se disponíveis os arquivos necessários, o que permite também o cálculo de custo tanto de material quanto de equipamentos (VOIGT; MARTENS, 2006, tradução nossa).

O Quadro 11 apresenta um resumo das vantagens e desvantagens das tecnologias empregadas na fabricação dos quatro estudos de caso analisados.

Quadro 11 - Análise das tecnologias utilizadas nos estudos de caso

ESTUDOS DE CASO	TECNOLOGIA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
1	3DP	Representação de volumes complexos	Fragilidade do material
			Necessidade de pós-processamento (lixação) para ajuste das peças
			Necessidade de pós-processamento para aumento da resistência dos elementos
			Custo de produção elevado
	Maior tempo de fabricação		
Corte a laser	Precisão dos cortes	Limitação de representação de volumetrias	
	Rapidez de impressão		
	Menor custo de produção		
2	SLS	Grande resolução de impressão	Custo de produção elevado
		Resistência do material	
		Leveza do material	
3	3DP	Representação de volumes complexos	Não foram relatados pelos autores
		A variação de cores facilitou a leitura do usuário com baixa visão	
4	3DP	Representação de volumes complexos	Fragilidade do material
			Custo de produção elevado
			Necessidade de pós-processamento para aumento da resistência dos elementos
			Baixa resolução de impressão

			Varição dimensional em relação ao modelo digital
			Baixa agradabilidade ao tato
	Corte a laser	Precisão dos cortes	Não foram relatados pelos autores
		Varição de representação de texturas, cortes e vincos	

Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

Após a análise do Quadro 11, podemos identificar as vantagens e desvantagens do emprego de determinadas técnicas de prototipagem digital na confecção de mapas e maquetes táteis. Destacam-se como apropriado aqueles métodos que permitem: (1) representação volumétrica de elementos complexos; (2) fidedignidade dimensional do protótipo impresso em relação ao modelo digital; (3) resistência do material à manipulação; (4) grande resolução de impressão; (5) acuracidade de impressão e/ou corte das arestas; (6) possibilidade de representação em cores; (7) leveza do material; (8) rapidez de impressão; e (8) baixo custo.

Já como métodos impróprios para representação dos mapas são aqueles que possuem as seguintes características: (1) variação dimensional do protótipo em relação ao modelo digital; (2) baixa agradabilidade ao tato; (3) custo de produção elevado; (4) fragilidade do material impresso; (5) necessidade de pós-processamento; (6) longo tempo de impressão; (7) limitação de representação volumétrica; e (8) baixa resolução de impressão.

Percebe-se que não há uma única tecnologia que agregue todas as vantagens. Cabe então aos projetistas de mapas optarem por aquela que reúna o maior número de vantagens e, ainda, quando possível, pela elaboração de mapas e maquetes híbridas para que se obtenha o maior número de qualidades das tecnologias. Pela análise dos quatro estudos de caso, nota-se que a SLS destaca-se entre as demais, tendo apenas como aspectos negativos o elevado custo e um maior tempo de produção.

Partindo do resultado dessa análise optou-se pela escolha das tecnologias FDM e PolyJet para o desenvolvimento do Caso 5, tendo em vista alguns fatores: (1) ineditismo da sua utilização; (2) possibilidade de representação em cores; (3) resistência da matéria prima a ser empregada, PLA e fotopolímero; e (4) resolução de impressão.

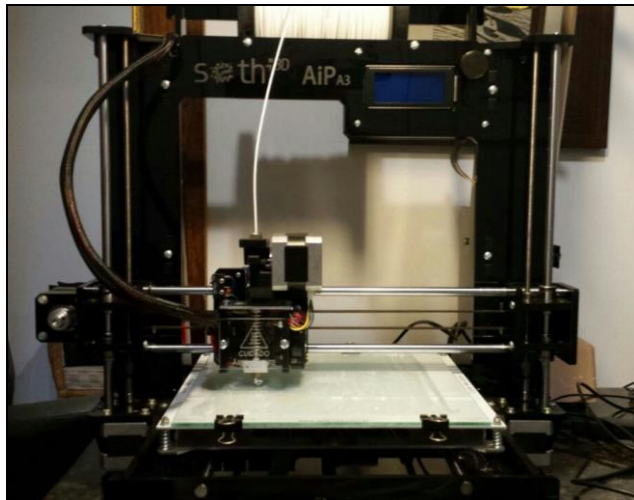
6.5 CASO 5: PESQUISA PRÁTICA

No presente caso realizaram-se testes de impressão em duas tecnologias, que de acordo com a revisão sistemática, não foram testadas na fabricação de mapas táteis: FDM (*fusion deposition modeling*) e PolyJet (jato de fotopolímero). O objetivo dessas impressões foi avaliar o desempenho dos materiais e das tecnologias na fabricação dos elementos táteis, ao atendimento de alguns requisitos determinados baseados nas características positivas apontadas pelos autores pesquisados nos estudos de caso, tais como: (1) agradabilidade ao toque; (2) resistência à manipulação tátil; (3) leveza do material; e (4) clareza na resolução da impressão. Além disso, são abordadas as características e configurações de impressão, o tamanho e escala de representação, os símbolos adotados em cada protótipo e sua avaliação por revisores braile, compreendendo: formatação do ponto braile, espessura de formato de linhas, elevação dos elementos, tipos e variações de símbolos, texturas, linhas e a legibilidade desses elementos.

6.5.1 *Fusion deposition modeling*

Neste teste adotou-se uma impressora baseada em plástico PLA (ácido polilático), do tipo FDM (*fusion deposition modeling*). O equipamento utilizado foi o modelo AiP 1.75mm da fabricante *Sethi3D*, do laboratório de Prototipagem e Novas Tecnologias Orientadas ao 3D (PRONTO 3D). O equipamento possui uma bandeja de impressão de 220x210x200mm e a resolução das camadas é na ordem de 0.1mm a 0.3mm de altura.

O processo baseia-se da deposição do filamento derretido no bico extrusor, camada a camada, sucessivamente até que todo o protótipo tenha sido impresso. A Figura 43 apresenta o equipamento utilizado.

Figura 43 - Impressora FDM *Sethi3D 1.75mm*

Fonte: Pronto 3D (2016).

O projeto dessa etapa foi desenvolvido no *software Rhinoceros 3D*, da fabricante *Robert McNeel & Associates*. Essa ferramenta permite a exportação para o formato **.stl*, viabilizando assim a sua leitura pelo *software* de impressão do equipamento.

a) Tamanho e escala de representação








A quantidade de elementos impressos e o tamanho final do protótipo foram definidos em função do tamanho do envelope (bandeja de impressão) do equipamento, que corresponde a 220x221mm.



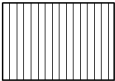
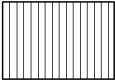
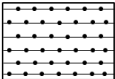

Nessa etapa, os elementos foram impressos em escala 1:1, uma vez que foram escolhidos apenas símbolos pontuais, duas formatações de braile (especificadas pela NBR), linhas e amostras de texturas (*areal symbols*).



b) Adoção de símbolos

O Quadro 12 apresenta uma relação dos elementos impressos nesse primeiro teste. Cabe ressaltar que em alguns elementos, em especial nas texturas, foram adotados alguns critérios definidos pelo autor, tendo em vista que não havia especificações na fonte consultada.

Quadro 12 - Critérios adotados na impressão em FDM

ELEMENTO	SÍMBOLO / REPRESENTAÇÃO	OBSERVAÇÃO	FONTE
Pilar 1A		Dimensões (LxA): 5.5x5.5mm Elevação: 1.5mm	Adaptado de EDMAN (1992, p. 272) e JEHOEL (2007, p. 76)
Pilar 1B		Dimensões (LxA): 5.5x5.5mm Elevação: 0.02mm	Adaptado de EDMAN (1992, p. 272) e JEHOEL (2007, p. 76)
Pilar 1C		Dimensões (LxA): 7.1x7.1mm Elevação: 0.2mm	Adaptado de EDMAN (1992, p. 272) e JEHOEL (2007, p. 76)
Pilar 1D		Dimensões (LxA): 7.1x7.1mm Elevação: 1.5mm	Adaptado de EDMAN (1992, p. 272) e JEHOEL (2007, p. 76)
Sanitário masculino 1A		Dimensões (LxA): 7.1 x 7.1mm Espessura da linha: 1.9mm Elevação da linha: 1.5mm	Adaptado de NOTTINGHAM MAP MAKING KIT (apud EDMAN, 1992, p. 290) e JEHOEL (2007, p. 68)
Sanitário masculino 1B		Dimensões (LxA): 7.1 x 7.1mm Espessura da linha: 1.0mm Elevação da linha: 1.5mm	Adaptado de NOTTINGHAM MAP MAKING KIT (apud EDMAN, 1992, p. 290) e JEHOEL (2007, p. 68)
Sanitário masculino 1C		Dimensões (LxA): 5.5 x 5.5mm Espessura da linha: 1.9mm Elevação da linha: 1.5mm	Adaptado de NOTTINGHAM MAP MAKING KIT (apud EDMAN, 1992, p. 290) e JEHOEL (2007, p. 68).

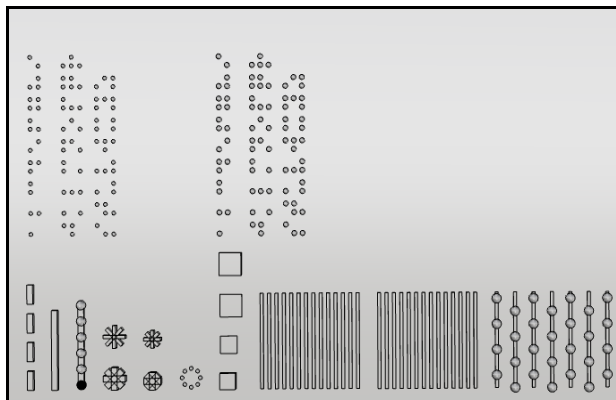
Sanitário masculino 1D		Dimensões (LxA): 5.5 x 5.5mm Espessura da linha: 1.0mm Elevação da linha: 1.5mm	Adaptado de NOTTINGHAM MAP MAKING KIT (apud EDMAN, 1992, p. 290) e JEHOEL (2007, p. 68)
Sanitário feminino 1A		Dimensões (LxAxE): 7.1x7.1mm Diâmetro do ponto: 1.2mm	Adaptado de NOTTINGHAM MAP MAKING KIT (apud EDMAN, 1992, p. 290) e JEHOEL (2007, p. 68)
Textura 3A		Distância entre o eixo das linhas: 2.4mm Espessura das linhas: 1.0mm Elevação das linhas: 0.5mm	Adaptado de JANSSON (1973, apud EDMAN, 1992, p. 226) e JAMES (1982, apud EDMAN, 1992, p. 208)
Textura 3B		Distância entre o eixo das linhas: 2.4mm Espessura das linhas: 1.0mm Elevação das linhas: 1.0mm	Adaptado de JANSSON (1973, apud EDMAN, 1992, p. 226) e JAMES (1982, apud EDMAN, 1992, p. 208)
Textura 5A		Espessura de linha: 1.0mm Elevação das linhas: 0.25mm Diâmetro dos pontos: 3mm Distância entre os pontos: 5mm Distância entre linhas: 5mm	Adaptado de JANSSON (1973, apud EDMAN, 1992, p. 226)
Linha pontilhada 1A		6 pontos para cada 28mm Espessura da linha: 1.9mm Elevação da linha: 1.0mm Raio do ponto na base da linha: 1.5mm	Adaptado de ANGWIN (1968A; 1968B, apud EDMAN, 1992, p. 220); WIDEL e GROVES (1969); e JEHOEL (2007, p. 68)

Linhas tracejadas 1A		Comprimento dos traços: 6mm Espaçamento entre os traços: 3mm Espessura da linha: 1.9mm Elevação da linha: 1.0mm	Adaptado de EDMAN (1992, p. 208; p. 220) e JEHOEL (2007, p. 93)
Linha simples 1A		Espessura: 1.9mm Elevação: 1.0mm	JEHOEL (2007, p. 93) e EDMAN (1992, p. 208)
Alfabeto braile 1	Alfabeto	Diâmetro do ponto: 1.2mm Raio do ponto sobre o plano: 0.6mm	NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015)
Alfabeto braile 2	Alfabeto	Diâmetro do ponto: 1.6mm Raio do ponto sobre o plano: 0.8mm	NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015)

Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

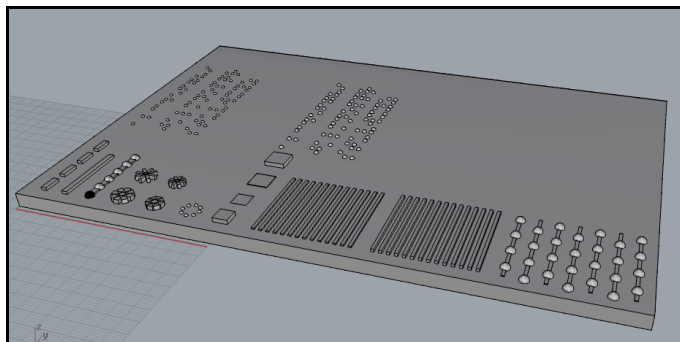
Os elementos constantes no Quadro 12, mantendo-se os parâmetros estabelecidos, foram materializados em 3D no *Rhinoceros*, para que então fosse enviado para impressão. A repetição de um mesmo elemento foi necessária para que fosse possível avaliar qual deles teria maior aceitação durante a avaliação. As Figuras 44 e 45, planta e perspectiva respectivamente, apresentam o resultado da materialização digital.

Figura 44 - Protótipo digital - planta



Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

Figura 45 - Protótipo digital - perspectiva



Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

c) Fabricação

Para a impressão, foram definidos os seguintes parâmetros de ajuste do equipamento:

- 0.2mm por camada
- *Infill*: 10%
- Perímetro: 2
- *Solid Layers Bottom*: 1
- *Solid Layers Top*: 3
- Espessura da base: 4mm

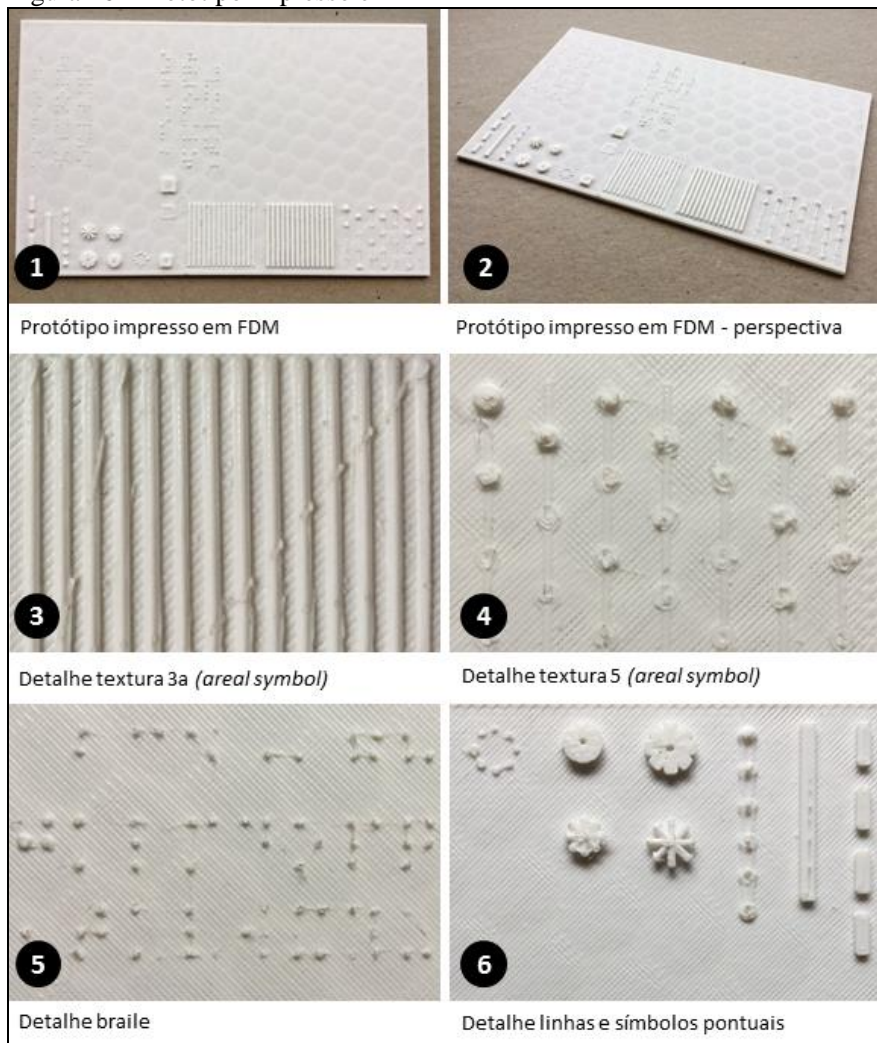
– Dimensões do protótipo: 125x200mm

O processo de impressão levou 2 horas e 50 minutos para ficar pronto. Após a impressão foi possível perceber algumas características do material e da tecnologia escolhida que inviabilizaram a utilização do protótipo nas etapas posteriores da pesquisa, apresentados na Figura 46.

Como aspectos positivos do método de impressão escolhido, pode-se apontar: (1) leveza do material impresso, o que facilita a sua manipulação e até mesmo permite que o usuário o carregue durante o deslocamento sem maiores dificuldades; e (2) resistência à flexão da base, a qual foi impressa com apenas 4mm de espessura.

Já como aspectos negativos, destacam-se: (1) a impressão não apresenta resolução suficiente para representação dos elementos, mesmo quando ajustada para 0.2mm por camada (com capacidade para um intervalo de 0.1 a 0.3mm), como mostra o item 6 - Detalhe linhas e símbolos pontuais, na Figura 46; (2) o braile não apresentou resolução suficiente para representação de todos os pontos, como pode ser visto no item 5 da Figura 46; (3) o material se apresentou fraco e pulverulento ao toque, especialmente nos pontos mais frágeis da impressão, como a parte superior dos pontos e das texturas, com constantes desprendimentos de partículas, como pode ser observado no item 4 da Figura 46, onde os pontos se apresentam incompletos; (4) o passo lateral da impressão deixou um rastro de plástico poluindo a representação dos elementos, em especial nas texturas (*areal symbols*), como mostra o item 3 da Figura 46; (5) o material se apresentou muito áspero na superfície dos elementos arredondados, não atingindo o requisito de agradabilidade ao toque, como pode ser observado nos itens 3, 4 e 6, da Figura 46.

Figura 46 - Protótipo impresso em FDM



Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

Em virtude das características supracitadas, o protótipo impresso não foi conduzido para a realização dos testes com o revisor braile, uma vez que não atendeu aos aspectos básicos necessários, tais como: (1) resistência à tatilidade dos elementos pontuais, evidenciado pelo desprendimento prematuro de partes das representações, texturas e

pontos; (2) agradabilidade ao tato, percebido pela aspereza dos elementos impressos; e (3) falta de resolução na impressão dos elementos, comprovados pela deformidade de representação das formas esféricas, necessários para o ponto braile, texturas e símbolos. Percebe-se, assim, que a tecnologia de FDM não deve ser utilizada para representação de elementos táteis, especialmente aqueles empregados para representação em mapas táteis.

Dessa forma, foi dado andamento ao teste com outra tecnologia, a PolyJet (impressão a jato de fotopolímero), que apresenta uma resolução superior ao FDM.

6.5.2 Impressão a jato de fotopolímero - PolyJet

O presente teste contou com um equipamento disponibilizado pelo Centro de Tecnologia da Informação Renato Archer (CTI), em Campinas-SP. Para impressão foi utilizada *Connex 350* da fabricante *Objet-Stratasys*, apresentada na Figura 47.

O processo de impressão a jato de fotopolímeros baseia-se na deposição do material em camadas, as quais são endurecidas pela exposição à luz ultravioleta.

Figura 47 - Connex 350 - *Objet-Stratasys*



Fonte: CTI Campinas (2016).

O material de impressão, classificado como uma formulação acrílica, corresponde ao fotopolímero *Verogray RGD850*, também de fabricação da *Objet-Stratasys*. Como características principais, destacam-se a bandeja de impressão de 350x350x200mm e a resolução das camadas que varia de 16 a 30 micrones de altura.

Nesse segundo teste, o modelo foi desenvolvido primeiramente em 2D no software proprietário *AutoCAD (Autodesk)*, e posteriormente foi exportado para o software *Blender*, gratuito, da fabricante *Blender Foundation*, para modelagem em 3D, para que então fosse encaminhado para impressão no formato **.stl*.

a) Tamanho e escala de representação

No presente protótipo foram inseridos outros critérios, além de alguns já adotados no protótipo anterior. Por questões de economia de material, optou-se por um limite de impressão de 200x200mm.

Da mesma forma como ocorreu no teste anterior, ainda não foram adotados critérios para a escala de representação da planta arquitetônica, uma vez que nesse teste foram representados apenas símbolos pontuais, linhas, braile, texturas (*areal symbols*) e letras em relevo.

b) Adoção de símbolos

Visando o aproveitamento do material, foi impresso o maior número de elementos possível nesse protótipo, respeitando-se os critérios de espaçamentos e dimensões mínimas para as texturas conforme detalhado no Quadro 16, Ficha Técnica do Protótipo.

Dentre os autores pesquisados, o Quadro 13 traz aqueles que contribuíram para a elaboração dos parâmetros adotados nessa pesquisa.

Quadro 13 - Autores e ano de publicação dos critérios originais adaptados

AUTORES FONTE DOS CRITÉRIOS ADOTADOS	
SCHIFF (1966)	EDMAN (1992)
ANGWIN (1968a; 1968b)	LOCH et al. (2007)
WIDEL e GROVES (1969)	BERNARDI (2007)
NOLAN e MORRIS (1971)	JEHOEL (2007)
JANSSON (1973)	NOTTINGHAM MAP KIT (s.d.)
JAMES (1982)	NBR 9050 (2015)

Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

Com a análise do Quadro 13 é possível perceber a representatividade de autores estrangeiros no que diz respeito à contribuição com a área de estudo, restando apenas três fontes brasileiras: Loch et al. (2007), Bernardi (2007) e a NBR 9050 (2015).

Além das sugestões dos autores, foram inseridos novos padrões adaptando-se os critérios sugeridos pelos autores, e definidos outros, os quais não possuíam referência para sua fabricação. Nesse teste, foram impressos não somente as linhas, mas também três tipos de seção (arredondada, triangular e retangular), os três padrões de braille especificados na NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015), letras em relevo, texturas e os símbolos pontuais de maior detectabilidade em diferentes escalas.

Com o objetivo de padronizar as características de representação dos elementos com a mesma função, adotaram-se os critérios de elevação conforme apresentado no Quadro 14, criando-se uma hierarquização de elevação de acordo com o grau de importância dos seus significados.

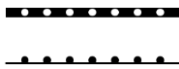
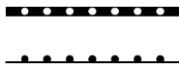




Quadro 14 - Critérios de elevação para impressão






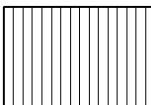
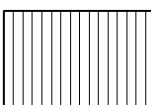
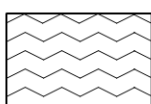
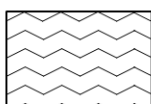
ELEMENTO	ELEVAÇÃO
Linhas	1mm
Texturas (<i>areal symbols</i>)	0,5mm
Símbolos pontuais	1,5mm
Braille	0,6mm e 0,8mm

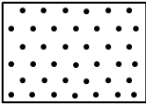
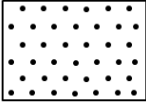

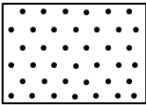



Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).












Já o Quadro 15 traz a lista de elementos que foram representados e os respectivos autores, de onde partiram as adaptações para essa pesquisa.














Quadro 15 - Critérios adotados na impressão em PolyJet

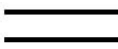
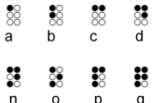
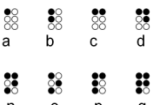
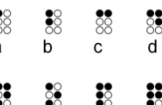


ELEMENTO	SÍMBOLO	OBSERVAÇÃO	CONSIDERAÇÃO
Linha ou limite perigoso 1A		20 pontos para cada 25.4mm Espessura da linha: 1.0mm Diâmetro do ponto: 1.0mm Elevação da linha: 0.5mm Raio do ponto acima da linha: 0.5mm	Adaptado de EDMAN (1992, p. 293)
Linha ou limite perigoso 1B		12 pontos para cada 24mm Espessura da linha: 1.0mm Diâmetro do ponto: 1.0mm Elevação da linha: 0.5mm Raio do ponto acima da linha: 0.5mm	Adaptado de EDMAN (1992, p. 293)
Escada 2A	 PLANTA E CORTE	Altura da barra: 7.1mm Espessura da barra: 1.0mm Elevação da barra: 1.5mm Diâmetro dos pontos: 1.5mm Elevação ponto 1: 0.5mm Elevação ponto 2: 1.0mm Elevação ponto 3: 1.5mm	Desenvolvido pelo autor (BEM, 2016). Adaptado de JAMES e GILL (1974, apud EDMAN, 1992, p. 289). A barra representa o degrau onde o usuário está. Os pontos crescem ou decrescem em função da subida ou descida da escada
Escada 3A		Largura total: 7.1mm Altura total: 7.1mm Espessura das linhas: 1.0mm Espaçamento entre linhas: 2.05mm Elevação das linhas: 1.5mm	Adaptado de LOCH et al. (2007, p. 7)
Sanitário masculino 1A		Dimensões (LxA): 7.1x7.1mm Espessura da linha: 1.0mm Elevação da linha: 1.5mm	Adaptado de NOTTINGHAM MAP MAKING KIT (apud EDMAN, 1992, p. 290) e JEHOEL (2007, p. 107-131);
Sanitário masculino 2A		Dimensões (LxA): 10x15mm Elevação: 1.5mm	Adaptado de LOCH et al. (2007, p. 8)

Sanitário masculino 2A		Dimensões (LxAxE): 5.3x7.1mm Elevação: 1.5mm	Adaptado de LOCH et al. (2007, p. 8)
Sanitário feminino 1A		Dimensões (LxAxE): 7.1x7.1mm Raio do ponto: 1.5mm	Adaptado de NOTTINGHAM MAP MAKING KIT (apud EDMAN, 1992, p. 290).
Sanitário feminino 2A		Dimensões (LxA): 17x10mm Elevação: 1.5mm	Adaptado de LOCH et al. (2007, p. 8)
Sanitário feminino 2B		Dimensões (LxA): 7.1x5.3mm Elevação: 1.5mm	Adaptado de LOCH et al. (2007, p. 8)
Sanitário unissex 1A		Diâmetro: 8.9mm Elevação: 1.5mm Espessura da linha: 1.0mm	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 107-131) e TACTUAL MAPPING (1986, apud EDMAN, 1992, p. 290)
Textura 3A		Distância entre o eixo das linhas: 2.4mm Espessura das linhas: 1.0mm Elevação das linhas: 0.5mm	Adaptado de JANSSON (1973, apud EDMAN, 1992, p. 226).
Textura 3B		Distância entre duas linhas: 0.5mm Espessura das linhas: 0.5mm Elevação das linhas: 0.5mm	Adaptado de JANSSON (1973, apud EDMAN, 1992, p. 226)
Textura 4A		Distância entre crista e vale eixo x: 3mm Distância entre crista e vale eixo y: 4mm Distância entre linhas: 1mm Espessura da linha: 1mm Elevação da linha: 0.5mm	Adaptado de JANSSON (1973, apud EDMAN, 1992, p. 226)
Textura 4B		Distância entre crista e vale eixo x: 3mm Distância entre crista e vale eixo y: 4mm Distância entre linhas: 3mm Espessura da linha: 1mm Elevação da linha: 0.5mm	Adaptado de JANSSON (1973, apud EDMAN, 1992, p. 226)

Textura 5A		Distância entre eixo dos pontos: 2mm Distribuição dos pontos: radial Diâmetro dos pontos: 1mm Raio dos pontos (elevação): 0.5mm	Adaptado de JANSOON (1973, apud EDMAN, 1992, p. 226)
Textura 5B		Distância entre eixo dos pontos: 6mm Diâmetro dos pontos: 3mm Elevação dos pontos: 1.5mm	Adaptado de JANSOON (1973, apud EDMAN, 1992, p. 226)
Textura 4C		Distância entre crista e vale eixo x: 3mm Distância entre crista e vale eixo y: 4mm Distância entre linhas: 2.63mm Espessura da linha: 1.3mm Elevação da linha: 0.5mm	Adaptado de JANSOON (1973, apud EDMAN, 1992, p. 226)
Textura 5C		Distância entre eixo dos pontos: Eixo x: 2.0mm eixo y: 2.00mm Distribuição dos pontos: não radial; Diâmetro dos pontos: 1.00mm Raio dos pontos (elevação): 0.5mm	Adaptado de JANSOON (1973, apud EDMAN, 1992, p. 226)
Linha ondulada 1A		4 cristas e 4 vales em 25mm Espessura da linha: 1.0mm Distância externa entre crista e vale: 4.0mm Elevação da linha: 1.0mm	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 94)
Linha pontilhada 1A		Diâmetro do ponto: 3.0mm Elevação do ponto: 1.5mm Espaçamento entre eixo dos pontos: 4.5mm	Adaptado de ANGWIN (1968a; 1968b, apud EDMAN, 1992 p. 220); WIDEL e GROVES (1969)
Linha pontilhada 1B		Diâmetro do ponto: 2.0mm Elevação do ponto: 1.00mm Espaçamento entre eixo dos pontos: 4.00mm	Adaptado de ANGWIN (1968a; 1968b, apud EDMAN, 1992 p. 220); WIDEL e GROVES (1969)

Pontilhado duplo 1A		Diâmetro do ponto: 2.0mm Elevação do ponto: 1.0mm Espaçamento eixo x entre pontos: 2.0mm Espaçamento eixo y entre pontos: 2.0mm	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 131)
Pontilhado duplo 1B		Diâmetro do ponto: 2.0mm Elevação do ponto: 1.0mm Espaçamento eixo x entre pontos: 1.0mm Espaçamento eixo y entre pontos: 1.0mm	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 131)
Símbolo pontual Q1A		Espessura de linha: 1mm Elevação: 1.5mm Lado: 8.9mm	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 70) e EDMAN (1992, p. 210).
Símbolo pontual Q2A		Espessura de linha: 1mm Elevação: 1.5mm Lado: 8.9mm	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 70) e EDMAN (1992, p. 210)
Símbolo pontual T1A		Espessura de linha: 1mm Elevação: 1.5mm Lado: 10mm	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 70) e EDMAN (1992, p. 210)
Símbolo pontual T2A		Espessura de linha: 1mm Elevação: 1.5mm Lado: 10mm	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 70) e EDMAN (1992, p. 210)
Símbolo pontual T3A		Espessura de linha: 1mm Elevação: 1.5mm Lado: 10mm	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 70) e EDMAN (1992, p. 210)
Símbolo pontual A1A		Espessura de linha: 1mm Elevação: 1.5mm Altura: 8.9mm	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 70) e EDMAN (1992, p. 210)
Símbolo pontual C1A		Espessura de linha: 1mm Elevação: 1.5mm Diâmetro: 8.9mm	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 70) e EDMAN (1992, p. 210)
Símbolo pontual C2A		Espessura de linha: 1mm Elevação: 1.5mm Diâmetro: 8.9mm Raio do ponto: 1.5mm	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 70) e EDMAN (1992, p. 210)
Símbolo pontual C3A		Espessura de linha: 1mm Elevação: 1.5mm Diâmetro: 8.9mm	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 70) e EDMAN (1992, p. 210)

Símbolo pontual CZ1A		Espessura de linha: 1mm Elevação: 1.5mm Lado: 8.9mm	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 70) e EDMAN (1992, p. 210)
Símbolo pontual CZ2A		Espessura de linha: 1mm Elevação: 1.5mm Lado: 8.9mm	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 70) e EDMAN (1992, p. 210)
Linha simples 1A		Espessura de 1.0mm Elevação: 1.0mm Borda: reta	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 70) e EDMAN (1992, p. 210)
Linha simples 1B		Espessura de 1.0mm Elevação: 1.0mm Borda: arredondada	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 70) e EDMAN (1992, p. 210)
Linha simples 1C		Espessura de 1.0mm Elevação: 1.0mm Borda: triangular	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 70) e EDMAN (1992, p. 210)
Linha dupla 1A		Espessura da linha: 1.0mm Elevação da linha: 1.0mm Distância entre linha: 1.0mm	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 94)
Linha simples 1D		Espessura de 1.5mm Elevação: 1.0mm Borda: reta	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 70) e EDMAN (1992, p. 210)
Linha simples 1E		Espessura de 1.5mm Elevação: 1.0mm Borda: arredondada	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 70) e EDMAN (1992, p. 210)
Linha simples 1F		Espessura de 1.5mm Elevação: 1.0mm Borda: triangular	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 70) e EDMAN (1992, p. 210)
Linha dupla 1B		Espessura da linha: 1.0mm Elevação da linha: 1.0mm Distância entre linha: 1.5mm	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 94)
Linha simples 1G		Espessura de 1.9mm Elevação: 1.0mm Borda: reta	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 70) e EDMAN (1992, p. 210)
Linha simples 1H		Espessura de 1.9mm Elevação: 1.0mm Borda: arredondada	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 70) e EDMAN (1992, p. 210)
Linha simples 1I		Espessura de 1.9mm Elevação: 1.0mm	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 70) e

		Borda: triangular	EDMAN (1992, p. 210)
Linha dupla 1C		Espessura da linha: 1.0mm Elevação da linha: 1.0mm Distância entre linhas: 2.0mm	Adaptado de JEHOEL (2007, p. 94)
Alfabeto Braille 1		Diâmetro do ponto: 1.2mm Raio do ponto sobre o plano: 0.6mm	NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015)
Alfabeto Braille 2		Diâmetro do ponto: 1.6mm Raio do ponto sobre o plano: 0.8mm	NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015)
Alfabeto Braille 3		Diâmetro do ponto: 2.0mm Raio do ponto sobre o plano: 0.8mm	NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015)
Linhas tracejadas 1A		Elevação da linha: 1.0mm Espessura da linha: 1.0mm Tamanho do traço 6.0mm Espaço entre os traços: 3.0mm	Adaptado de EDMAN (1992) e JEHOEL (2007)
Linhas tracejadas 1B		Elevação da linha: 1.0mm Espessura da linha: 1.0mm Tamanho do traço 9.0mm Espaço entre os traços: 4.5mm	Adaptado de EDMAN (1992) e JEHOEL (2007)
Letras maiúsculas mais utilizadas	A, B, C, E, F, H, I, J, L, Q, P, R, S, T, U, Y e Z	Altura: 14.2mm Elevação: 1.5mm Fonte: Arial regular	Adaptado de SCHIFF (1966, apud EDMAN, 1992, p. 211)

Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

Cabe aqui algumas considerações em relação à escolha dos símbolos, a saber:

- A linha ondulada foi representada apenas uma única vez, pois o objetivo era saber se essa configuração era facilmente detectável, sendo que os parâmetros de espessura e formato em corte seriam avaliados na análise da formatação das linhas;

- Os símbolos de uso para representação do sanitário masculino 1A e sanitário unissex 1A são equivalentes ao símbolo pontual cruciforme CZ1A e circular C1A, respectivamente. Houve a repetição dos símbolos, pois a análise dos revisores para os símbolos se dividiu em dois momentos: símbolos de uso e seus significados intuitivos e, posteriormente, a análise das suas características como símbolos pontuais, sem necessariamente um significado definido. Contudo, na elaboração de um mapa, devem-se evitar símbolos iguais, mesmo que com dimensões variadas, pois pode haver confusão na identificação dos símbolos e na associação com os seus significados.
- A textura lisa não foi representada individualmente, tendo em vista que as partes brancas do protótipo já possuem essas características. Já a textura rugosa, por não possuir um parâmetro claro de elaboração, também foi ignorada. Dessa forma, em uma futura representação desse tipo de elemento cabe ao projetista especificar parâmetros que a tornem rugosa se comparada à superfície lisa, diferenciando-a das demais (canelada, em zigue-zague e pontilhada).

c) Organização formal

Tendo em vista que a leitura do protótipo é semelhante à leitura de um mapa, seu projeto seguiu os mesmos parâmetros de layout sugeridos pelos autores, no que diz respeito à área mínima de representação de texturas, comprimento das linhas e espaçamento entre os elementos, para que a detecção não fosse prejudicada.

No que diz respeito à organização espacial dos elementos, foram adotados como critério a aproximação entre os elementos de mesma função, a fim de facilitar a análise comparativa pelos revisores e a distribuição dos conjuntos de símbolos a fim de um melhor aproveitamento dos espaços, buscando compreender o maior número de itens a serem representados.

O agrupamento dos critérios de organização formal adotados para o protótipo e outras características pode ser observado no Quadro 16.

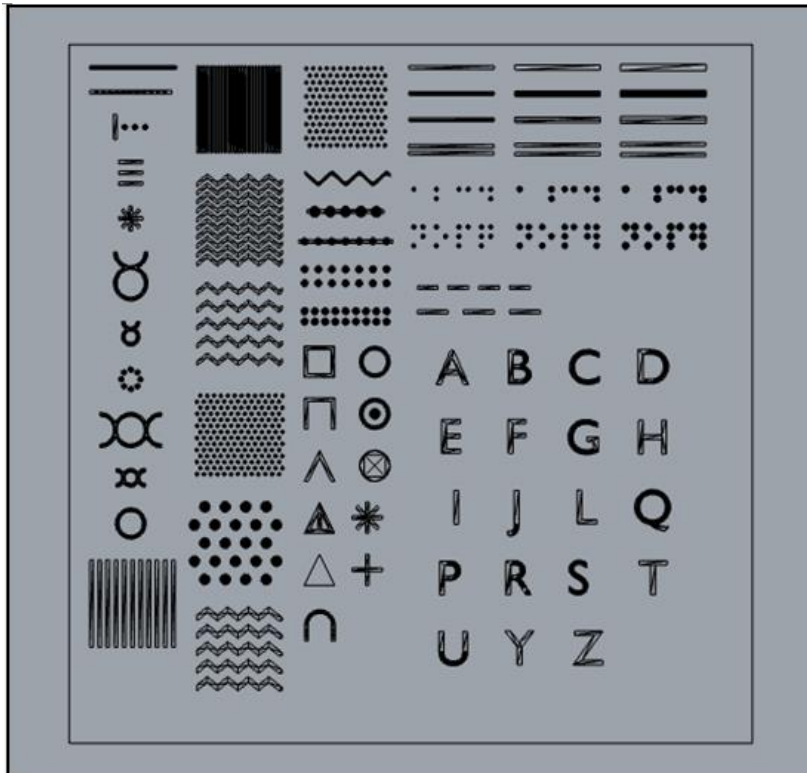
Quadro 16 - Ficha técnica do protótipo

ITEM	DESCRIÇÃO
Tecnologia adotada	PolyJet
Material de impressão	Fotopolímero <i>Verogray RGD850</i>
Dimensões da placa	200x200mm
Espessura da placa	5mm
Espaçamento entre os elementos	6mm
Comprimento de linhas lisas simples e duplas	2,5mm
Comprimento de linhas pontilhadas simples e duplas	2,5mm
Comprimento de linhas tracejadas	Mínimo 3 segmentos
Texturas – área de representação	Lado igual a 25mm
Braille – área de representação	Lado igual a 25mm

Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

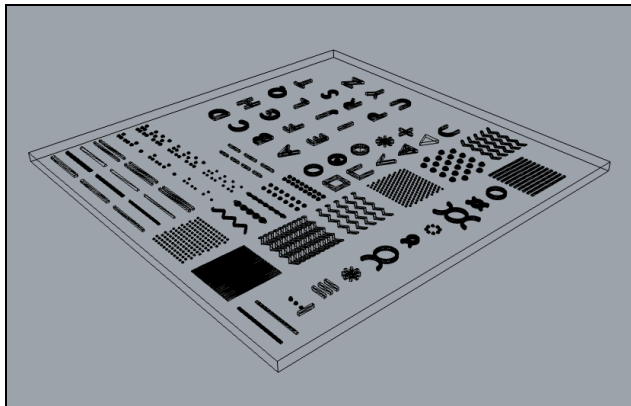
A ficha técnica do protótipo, exposta no Quadro 16, pode ser utilizada como base para realização de novos estudos, tendo em vista que engloba os diversos elementos constantes em um mapa tátil. As Figuras 48 e 49 representam a planta e a perspectiva do modelo em 3D, desenvolvido no software *Blender*.

Figura 48 - Protótipo digital - planta



Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

Figura 49 - Protótipo digital - perspectiva



Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

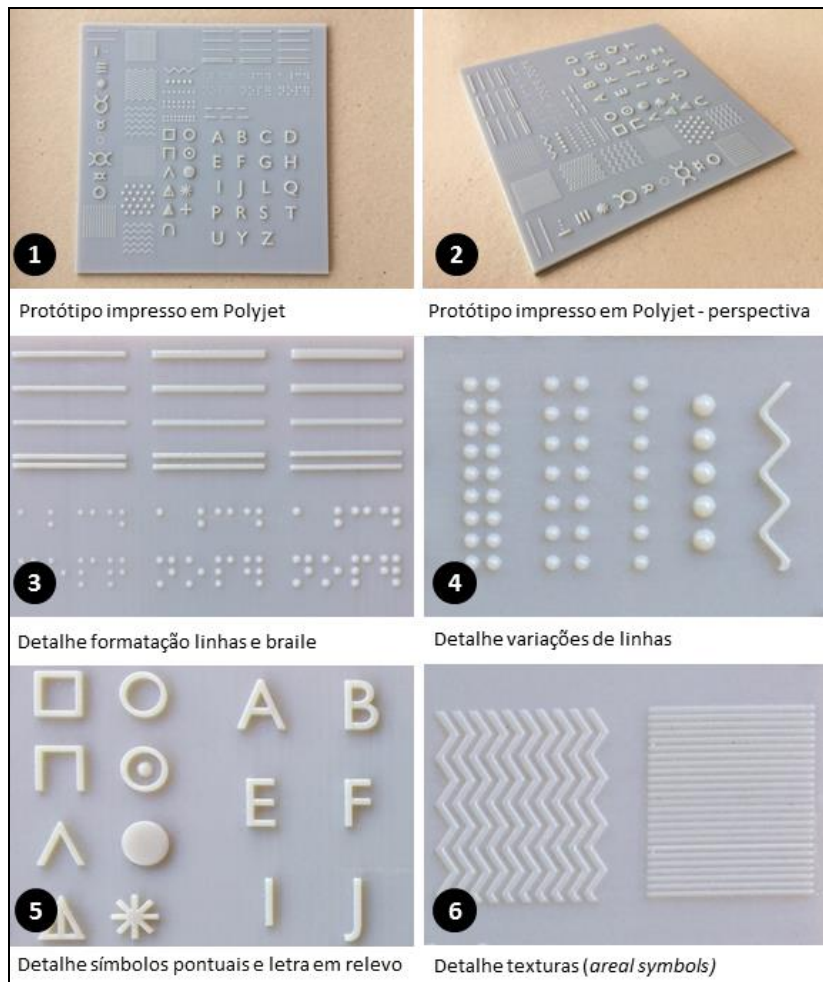
d) Fabricação

O processo de impressão levou 2 horas e 50 minutos. A tecnologia de fotopolímero apresentou resultados muito mais satisfatórios se comparados a tecnologia de FDM, mesmo antes de submeter o protótipo à avaliação. A Figura 50 traz imagens do material impresso, com detalhes de alguns elementos.

Numa primeira avaliação, a tecnologia de fotopolímero apresentou resultados que vão ao encontro dos requisitos para fabricação de mapas e elementos táteis, como: (1) leveza do material impresso, permitindo que a placa impressa seja manipulada pelos usuários sem dificuldades; (2) resistência à flexão da base, a qual foi impressa com apenas 5mm de espessura; (3) alta resolução na impressão dos elementos pontuais, com contornos bem definidos, como pode ser observado no item 5 - Detalhe símbolos pontuais e letras em relevo, da Figura 50; (4) sucesso na representação do braile, de acordo com as três variações possíveis, conforme especificado na NBR 9050 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2015), detalhado na Figura 50, 3 - Detalhe formatação linhas e braile; (5) resistência à manipulação tátil, sem desprendimento de partículas; (6) ausência de resquícios de material quando da passagem do cabeçote de impressão nas partes brancas do elemento, permitindo a representação de texturas limpas, como pode ser observado no item 6 - Detalhe texturas (*areal symbols*), da Figura 50; e (7) agradabilidade ao tato,

tendo em vista a uniformidade da superfície e ausência de poros ou farras que pudessem tornar o material áspero.

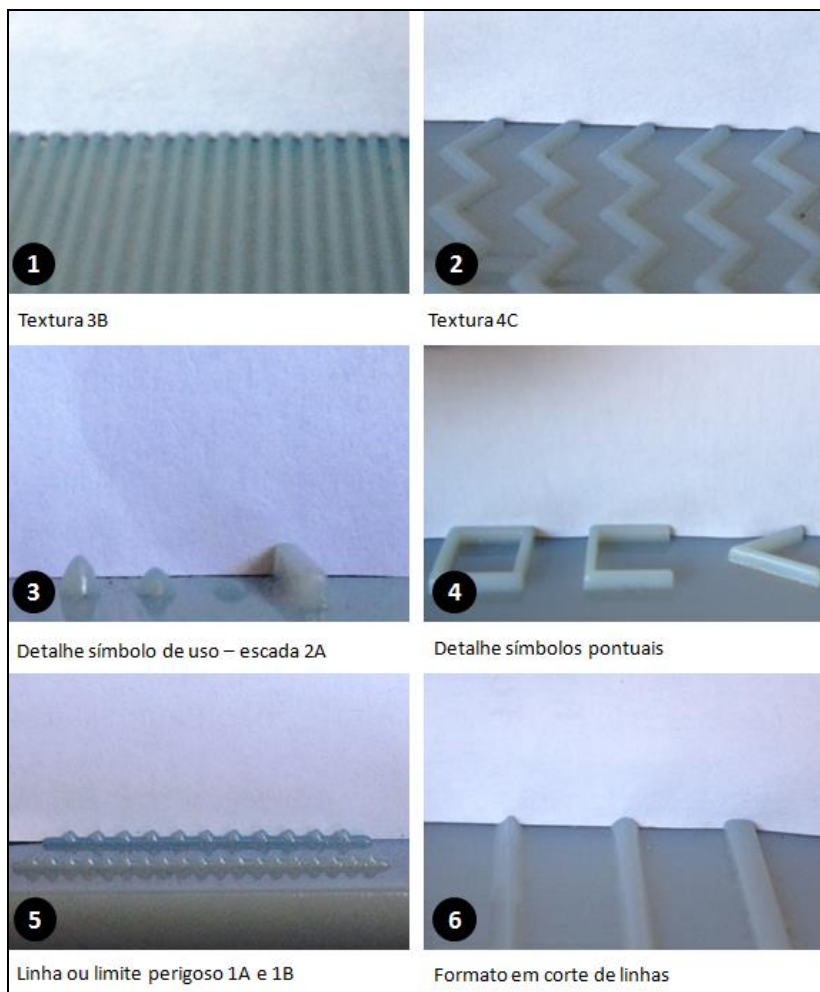
Figura 50 - Protótipo impresso em PolyJet - fotopolímero



Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

A acuracidade na impressão dos relevos pode ser observada nos itens 1 a 6 da Figura 51. Percebe-se a grande resolução no acabamento, tanto de superfícies retangulares quanto arredondadas, o que permitiu a variação de representação do formato em corte dos elementos.

Figura 51 - Detalhe do protótipo impresso em PolyJet - fopolímero



Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

e) Painel de especialistas - avaliação do protótipo

A fim de determinar quais os parâmetros adotados na impressão do protótipo em fopolímero seriam mais adequados para utilização futura em mapas táteis, foram realizados três testes com revisores braile. Nessa etapa, adotou-se como referência o método de painel de especialistas.

De acordo com Elali e Pinheiro (2013), o painel de especialistas consiste no levantamento da opinião de pessoas capazes de contribuir com a resolução de um problema, pessoas essas muitas vezes especialistas em determinado assunto. A quantidade de opiniões ou de usuários especialistas não é definida antecipadamente, uma vez que depende do problema em análise, aceitando-se assim uma quantidade baseada do critério de representatividade. Dessa forma, na presente pesquisa foram consultados três especialistas para que se chegasse ao desempate no caso de opiniões adversas para um mesmo elemento em análise. O Quadro 17 apresenta as características do método proposto.

Quadro 17 - Painel de especialistas

RESPOSTA HUMANA	MODO DE ATUAÇÃO		MÉTODOS / TÉCNICAS
Atitudes, preferências e aspirações / expectativas	Registro efetuado pelo pesquisador durante o evento	Projetivo verbal	- Entrevista individual; - Instrumento de escolha forçada (isso ou aquilo); - Classificação (critérios pré-definidos ou não).

Fonte: adaptado de Lee (1977)³⁰; Sanoff (1991)³¹; e Sommer e Sommer (2002)³² apud Elali e Pinheiro (2013).

As técnicas aplicadas para análise foram:

- a) Entrevista individual, pautada no protocolo de avaliação do protótipo (ver Apêndice D) para caracterizar a deficiência dos revisores e suas habilidades, e os entrevistados também foram questionados quanto à alguma sugestão de melhoria de cada item analisado;
- b) Instrumento de escolha, onde o revisor foi orientado a escolher o melhor entre os elementos de mesmo significado, como por exemplo: símbolo para banheiro masculino, símbolo para escada, textura pontilhada, textura canelada, qual a melhor espessura de linha simples etc.;

³⁰ LEE, T. **Psicologia e meio ambiente**. Rio de Janeiro: Zahar, 1977.

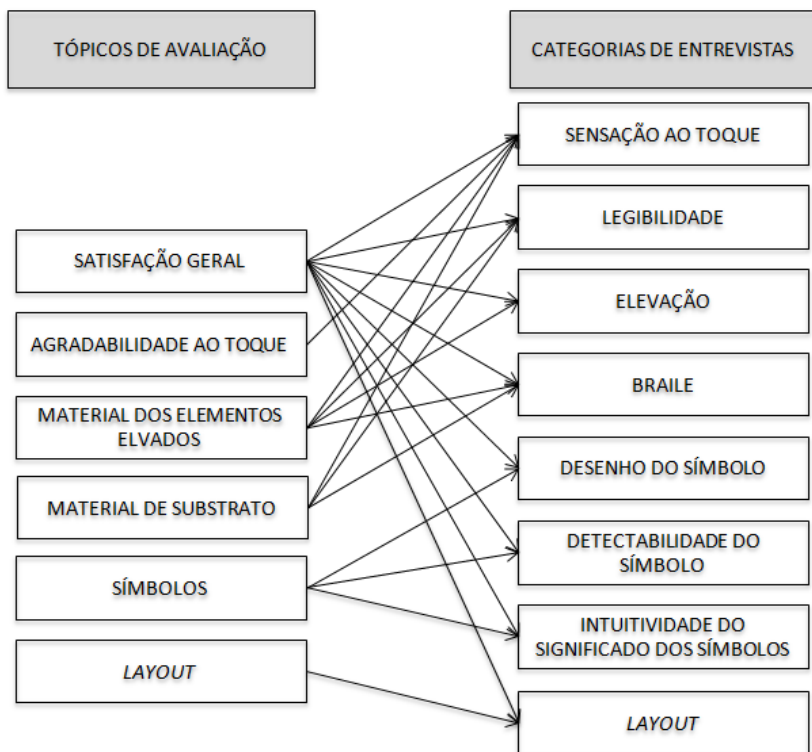
³¹ SANOFF, H. **Visual research methods in design**. New York: Van Nostrand Reinhold, 1991.

³² SOMMER, B.; SOMMER, R. **A practical guide to behavioral research, tools and techniques**. New York: Osford University Press, 2002.

- c) Classificação: os elementos foram avaliados como ruim, bom ou ótimo.

O protocolo de avaliação foi desenvolvido baseado no Diagrama 1, elaborado por Jehoel (2007, p. 160-170, tradução nossa) para aplicação das entrevistas com usuários com deficiência visual em sua tese, e no protocolo desenvolvido por Dischinger (2012) para o relatório de acompanhamento técnico de projetos de desenvolvimento, fabricação e comercialização piloto de pisos poliméricos táteis para acessibilidade.

Diagrama 1 - Relação entre os tópicos de avaliação e categorias de entrevistas

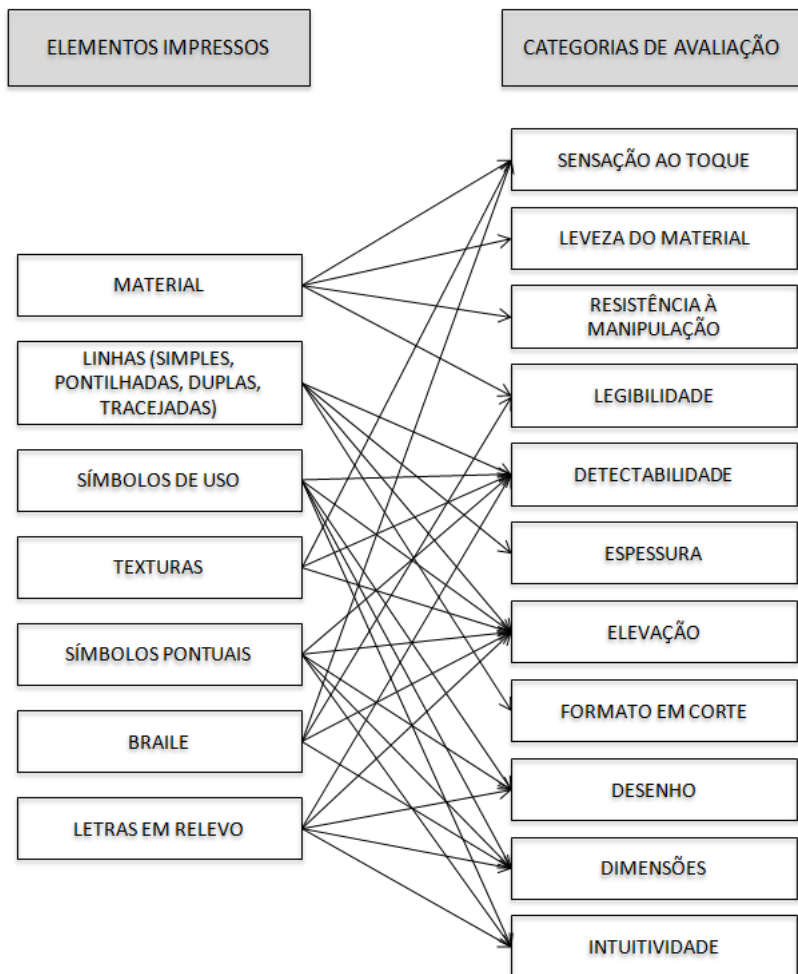


Fonte: Jehoel (2007, p. 161, tradução nossa).

A adaptação do diagrama se fez necessária, tendo em vista que o material do substrato é o mesmo dos elementos elevados. O layout do protótipo não foi avaliado, uma vez que não apresentava um critério ou

relação de representação, e tanto o agrupamento dos elementos impressos (tópicos de avaliação) quanto a categoria de avaliação (categorias de entrevistas) foram ajustados a essa pesquisa. O Diagrama 2 representa as relações entre os elementos constantes no protótipo e as categorias avaliadas.

Diagrama 2 - Relação entre os elementos impressos e as categorias de avaliação



Fonte: adaptado de Jehoel (2007, p. 161, tradução nossa).

A avaliação do protótipo contou com 11 categorias de análise, a saber:

- Sensação ao toque: é o primeiro critério a ser analisado. O objetivo é avaliar como o material é percebido pelo usuário durante a leitura, no que tange conforto e agradabilidade para análise tátil.

- b) Leveza do material: tem por objetivo avaliar as condições de manipulação do material no que diz respeito ao peso. Dessa forma, a confecção do mapa com um material leve permite que ele seja levado junto com o usuário, se ele assim o desejar;
- c) Resistência à manipulação: visa avaliar a integridade do protótipo após a análise tátil realizada pelos revisores. Por ser uma ferramenta que será manipulada diversas vezes e por diferentes usuários, é importante que os elementos se mantenham íntegros após as análises;
- d) Detectabilidade: tem como objetivo saber se, dentre as inúmeras informações impressas no protótipo, o usuário tem condições de diferenciar os elementos ao fazer a análise tátil do todo; e também se é possível identificar o formato dos símbolos, letras, linhas e texturas impressas;
- e) Legibilidade: essa característica está relacionada indiretamente ao material de impressão e à capacidade de detecção dos elementos. Tem por objetivo identificar se um elemento específico em análise (tinta em relevo ou braile) tem seu significado compreendido;
- f) Espessura: está relacionada à espessura das linhas, nos seus mais variados tipos de representação (pontilhada, tracejada, simples e dupla);
- g) Elevação: diz respeito ao ‘ressalto’ do elemento em relação ao plano de impressão. De certa forma, a elevação dos elementos está relacionada com o critério de detectabilidade, uma vez que foi adotada uma hierarquização de elevação para os elementos, que em ordem decrescente são: símbolos pontuais e letras em relevo com o mesmo nível de critério, seguidos das linhas e, por fim, das texturas. Já o braile possui uma elevação intermediária, que fica entre a textura e as linhas;
- h) Formato em corte: diz respeito ao formato das linhas quando analisadas em corte. Foram feitos três tipos: triangular, arredondado e retangular. O resultado dessa escolha deverá ser replicado para todas as linhas, independentemente de serem simples, tracejadas ou até mesmo a linha utilizada na confecção de um símbolo pontual;
- i) Desenho: está relacionado ao desenho dos símbolos, sejam eles tanto de uso quanto pontuais;
- j) Dimensões: trata do tamanho adotado para representação dos símbolos pontuais e das letras em relevo. Foram impressos

símbolos de uso com as dimensões máximas e mínimas sugeridas pela cartografia braile, a fim de se determinar qual tamanho deve ser adotado; para os demais foi adotado o mesmo critério adotado por Jehoel (2007);

- k) Intuitividade do símbolo: diz respeito à interpretação, por parte do usuário, do significado que o símbolo possa ter ao se fazer a leitura tátil, sem que seja mencionado o uso a que o símbolo se destina. Um significado intuitivo pode estar relacionado à memória visual do usuário, ou ainda, ao contato prévio com simbologias táteis e seus significados.

O protocolo de coleta dos dados pessoais dos revisores e a caracterização da sua deficiência e habilidades, juntamente com o cruzamento das informações do Diagrama 2, correspondem ao Apêndice D deste estudo.

O primeiro teste foi realizado por **01CA48M**, 48 anos, assistente técnico pedagógico no Centro de Educação de Jovens e Adultos (CEJA) de Florianópolis, que já atuou durante anos como revisor braile da Fundação Catarinense de Educação Especial (FCEE). Sua cegueira foi adquirida por causas congênitas aos 22 anos de idade, o que lhe propiciou a retenção de memória visual. Com relação à leitura, possui fluência na leitura em tinta (quando vidente), na leitura em braile, tinta em relevo e em mapas táteis. No que diz respeito às instruções de mobilidade classifica-se com um nível que varia de moderado a extensivo. Locomove-se sozinho na rua e para orientar-se faz uso de bengala e a exploração tátil é realizada tanto pelos pés quanto pela bengala. Não tem nenhum outro tipo de deficiência, seja ela auditiva, olfativa ou motora. Também reconhece ambientes pelo som e cheiro, pessoas pela voz e materiais pelo som. Para orientação em ambientes internos, faz uso da bengala, do reconhecimento do som e de mapas mentais elaborados a medida que explora os ambientes.

O segundo teste foi realizado por **02CC37F**, 37 anos, professora na Associação Camarense para Integração do Cego (ACIC). Sua cegueira é do tipo congênita, com ação desde o nascimento, sendo assim, não possui memória visual. Tem fluência na leitura em braile e noção na leitura de tinta em relevo e de mapas táteis. Não tem nenhum outro tipo de deficiência o que lhe permite reconhecer as pessoas pela voz, os ambientes pelo olfato e som e materiais pelo som emitido. Possui um nível de instruções de mobilidade que varia de moderado a extensivo, sendo que realiza a exploração tátil por meio de bengala e dos pés. Além disso, possui autonomia para locomover-se na rua. Para a

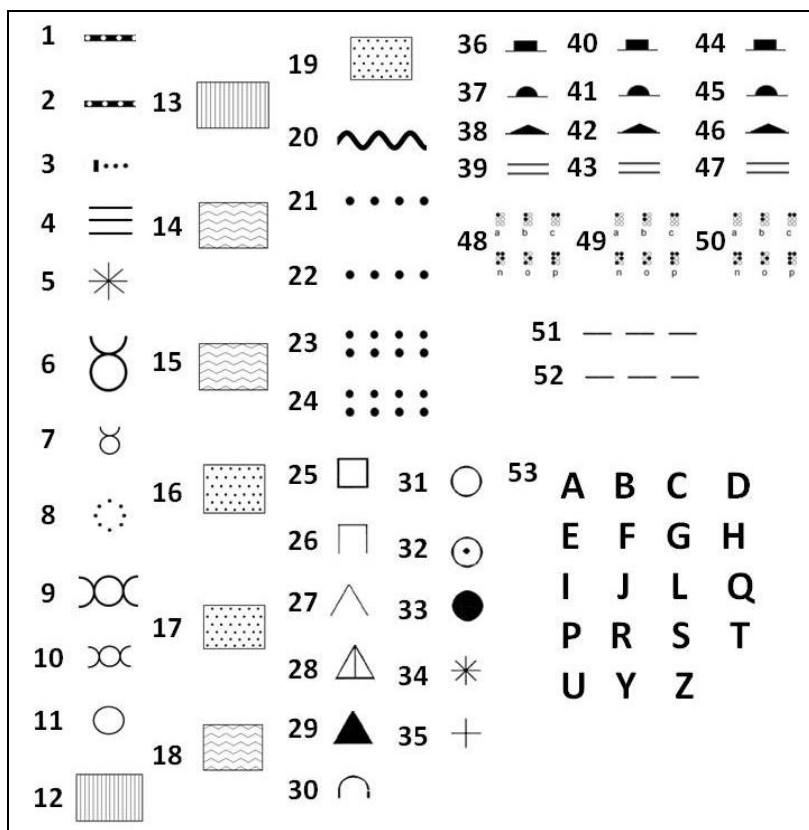
exploração de ambientes internos desconhecidos, faz uso da bengala, apenas não utilizada em locais já conhecidos.

O terceiro teste foi realizado por **03CA35M**, 35 anos, profissional atuante como revisor de livros em braile no CAP Florianópolis (Centro de Produção de Recursos Didáticos para Alunos com Deficiência Visual). Sua cegueira é de causa adquirida, e veio desde o nascimento, ou seja, não possui memória visual. Tem fluência em leitura braile, noção de leitura em tinta em relevo e mapas táteis, tendo em vista a atuação como revisor de materiais didáticos, incluindo mapas cartográficos. Com relação à mobilidade, classifica sua instrução como moderada à extensiva, locomovendo-se sozinho nas ruas com uso da bengala, a qual, juntamente com os pés, faz parte da estratégia de exploração tátil. Nenhum dos outros sentidos é afetado, reconhecendo pessoas pela voz, materiais e ambientes tanto pelo som como pelo olfato. Para orientar-se, faz uso da exploração tátil e da elaboração de mapas mentais. Em ambientes internos conhecidos não utiliza bengala, porém, quando estes possuem grande circulação de pessoas, estão sujeitos a modificações de layout ou em novos ambientes, faz uso da bengala para orientação.

A fim de facilitar o acompanhamento da análise, fez-se uma representação esquemática do protótipo impresso, onde cada elemento recebeu uma numeração (Figura 52).

Para a avaliação de cada um dos elementos foram adotados três critérios qualitativos: ruim, bom e ótimo; e os revisores foram questionados se havia alguma sugestão a ser feita nos elementos a fim de melhorá-los. A Figura 53 mostra os três revisores braile durante o processo de avaliação.

Figura 52 - Representação esquemática do protótipo impresso



Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

Cabe salientar que, embora tenha sido impresso no protótipo, o elemento 17 não atendeu aos padrões de elevação estabelecidos pelo autor para representação de texturas (*areal symbols*) devido a erros de modelagem em 3D, sendo assim, não fez parte da análise. Além disso, as linhas pontilhadas 21 e 22, embora desenhadas como uma composição de linha com sobreposição de pontos, delas foram impressas somente os pontos, porém isso não inviabilizou a sua análise. Aqueles símbolos de uso que não tinham mais de uma sugestão de representação dos autores pesquisados foram representados uma única vez, como por exemplo o símbolo 11 (sanitário unissex) e a linha 20 (linha ondulada).

O registro da análise foi do tipo textual e fotográfico (Figura 53), com o preenchimento do protocolo de avaliação do protótipo (ver Apêndice D). O resultado da avaliação pode ser observado no Quadro 18, Resultado da Avaliação dos Revisores.

Figura 53 - Análise do protótipo pelos revisores braile























Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).






















f) Interpretação dos resultados







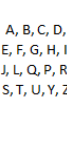
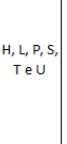

O Quadro 18 representa a análise dos especialistas, as respectivas observações feitas e o resultado da avaliação levando-se em consideração o critério de desempate na escolha do melhor símbolo ou parâmetro de representação avaliado. Ressalta-se que a expressão “não se aplica” se justifica pela impossibilidade de avaliação, tendo em vista o formato do elemento representado.

Quadro 18 - Resultado da avaliação dos revisores

NÚMERO CORRESPONDENTE	SÍMBOLO	CATEGORIAS DE AVALIAÇÃO	REVISORES			RESULTADO	SÍMBOLO
			01 CA 48 M	02 CC 37 F	03 CA 35 M		
LINHA DE USO - LIMITE PERIGOSO	1	Qual a melhor opção?	2	1	1	1	---
		Detectabilidade	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
	Espessura	Ótimo	Ótimo	Ótimo			
	Elevação	Ótimo	Ótimo	Ótimo			
	Formato em Corte	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica			
2	---	Observações	Não	Não	Não		
	SÍMBOLOS DE USO - ESCADA FIXA	3	Qual a melhor opção?	4	4	4	4
Detectabilidade			Ótimo	Ótimo	Ótimo		
Elevação		Ótimo	Ótimo	Ótimo			
Desenho		Bom	Ótimo	Ótimo			
Dimensões		Ótimo	Ótimo	Ótimo			
4	≡	Intuitividade	Ruim	Ruim	Ruim		
		Observações	Sim ¹	Sim ²	Sim ³		
		Sim ¹ Inserir uma seta para cima e uma para baixo, de acordo com a situação e diminuir o espaçamento entre as linha Sim ² Representar as barras com elevação crescente ou decrescente, inserindo um ponto para localização do usuário em relação à escada. Sim ³ Diferenciar a altura das barras, conforme subida ou descida da escada, identificando a localização do usuário em relação à escada.					
SÍMBOLOS DE USO - SANITÁRIO MASCULINO	5	Qual a melhor opção?	6	6	6	6	♂
		Detectabilidade	Bom	Ótimo	Ótimo		
	Elevação	Ótimo	Ótimo	Ótimo			
	Desenho	Bom	Ótimo	Ótimo			
	Dimensões	Bom	Ótimo	Ótimo			
6	♂	Intuitividade	Ruim	Ruim	Ruim		
		Observações	Sim ⁴	Não	Não		
7	♂	Sim ⁴ Utilizar o símbolo universal do gênero masculino (mar).					
		SÍMBOLOS DE USO - SANITÁRIO FEMININO	8	Qual a melhor opção?	9	9	9
Detectabilidade	Ótimo			Ótimo	Ótimo		
Elevação	Ótimo		Ótimo	Ótimo			
Desenho	Bom		Ótimo	Ótimo			
Dimensões	Ótimo		Ótimo	Ótimo			
9	♀	Intuitividade	Ruim	Ruim	Ruim		
		Observações	Sim ⁵	Não	Não		
10	♀	Sim ⁵ Utilizar o símbolo universal do gênero feminino (vênus).					

SÍMBOLOS DE USO - SANITÁRIO UNISEX	NÚMERO CORRESPONDENTE	SÍMBOLO	CATEGORIAS DE AVALIAÇÃO	REVISORES			RESULTADO	SÍMBOLO
				01 CA 48 M	02 CC 37 F	03 CA 35 M		
SÍMBOLOS DE USO - SANITÁRIO UNISEX	11		Qual a melhor opção?	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	11	
			Detectabilidade	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
			Elevação	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
			Desenho	Bom	Ótimo	Ótimo		
			Dimensões	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
			Intuitividade	Ruim	Ruim	Ruim		
			Observações	Não	Não	Não		
TEXTURAS CANELADAS	12		Qual a melhor opção?	12	12	12	12	
			Sensação ao toque	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
	Detectabilidade	Bom	Ótimo	Ótimo				
	13		Elevação	Bom	Ótimo	Ótimo		
Observações			Sim ⁶	Não	Sim ⁷			
Sim ⁶ Sugestão de uso para o símbolo 12: piso tátil de direção.								
Sim ⁷ Poderia utilizar a textura 13 no mesmo mapa que seria distinguíveis.								
TEXTURAS EM ZIGUE-ZAGUE	14		Qual a melhor opção?	18	15	15	15	
			Sensação ao toque	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
	15		Detectabilidade	Bom	Ótimo	Ótimo		
			Elevação	Bom	Ótimo	Ótimo		
18		Observações	Sim ⁸	Não	Não			
		Sim ⁸ Não percebe o zigue-zague, mas é detectável.						
TEXTURAS PONTILHADAS	16		Qual a melhor opção?	19	16	19	19	
			Sensação ao toque	Bom	Ótimo	Ótimo		
	19		Detectabilidade	Bom	Ótimo	Ótimo		
			Elevação	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
Sim ⁹ A representação se assemelha a uma lixa, porém sem causar danos aos dedos. Sugestão de uso para o símbolo 19: representação de piso tátil de alerta.								
LINHAS ONDULADA	20		Qual a melhor opção?	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica	20	
			Detectabilidade	Bom	Ótimo	Ótimo		
			Espessura	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
			Elevação	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
			Formato em Corte	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica		
			Observações	Não	Não	Sim ¹⁰		
Sim ¹⁰ Aumentar o número de ondulações.								
LINHAS SIMPLES PONTILHADAS	21		Qual a melhor opção?	22	21	22	22	
			Detectabilidade	Bom	Ótimo	Ótimo		
			Espessura	Bom	Ótimo	Ótimo		
	22		Elevação	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
			Formato em Corte	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica		
Sim ¹¹ Poderia utilizar a linha 21 no mesmo mapa que seriam distinguíveis.								
LINHAS DUPLAS PONTILHADAS	23		Qual a melhor opção?	24	23	23	23	
			Detectabilidade	Bom	Ótimo	Ótimo		
			Espessura	Bom	Ótimo	Ótimo		
	24		Elevação	Bom	Ótimo	Ótimo		
			Formato em Corte	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica		
Sim ¹² Espessamento muito grande entres as linhas da representação 23.								

SÍMBOLO	NÚMERO CORRESPONDENTE	SÍMBOLO	CATEGORIAS DE AVALIAÇÃO	REVISORES			RESULTADO	SÍMBOLO
				01 CA 48 M	02 CC 37 F	03 CA 35 M		
SÍMBOLOS PONTUAIS QUADRADOS	25		Qual a melhor opção?	25 e 26	26	26	26	
			Detectabilidade	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
	Elevação	Ótimo	Ótimo	Ótimo				
	Deseño	Bom	Ótimo	Ótimo				
	Dimensões	Bom	Ótimo	Ótimo				
26		Intuitividade	Ruim	Ruim	Ruim			
		Observações	Sim ¹³	Não	Não			
		Sugestão de uso para o símbolo 25: localização de outro mapa.						
Sim ¹³								
SÍMBOLOS PONTUAIS TRIANGULARES	27		Qual a melhor opção?	27 e 29	27	29	27	
			Detectabilidade	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
	Elevação	Ótimo	Ótimo	Ótimo				
	Deseño	Ótimo	Ótimo	Ruim				
	Dimensões	Ótimo	Ótimo	Ótimo				
28		Intuitividade	Ruim	Ruim	Ruim			
		Observações	Sim ¹⁴	Sim ¹⁵	Não			
		Descartar o símbolo 28 pois passa a impressão de ser um triângulo cheio, como o 29. Sugestão de uso para o símbolo 27: entrada de ambientes.						
Sim ¹⁴								
Sim ¹⁵								
SÍMBOLOS PONTUAIS CIRCULARES	30		Qual a melhor opção?	31, 32 e 33	33	32	32	
			Detectabilidade	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
	Elevação	Ótimo	Ótimo	Ótimo				
	Deseño	Ótimo	Ótimo	Ótimo				
	Dimensões	Ótimo	Ótimo	Ótimo				
31		Intuitividade	Ruim	Ruim	Ruim			
		Observações	Sim ¹⁶	Não	Não			
		O símbolo 30 se parece com o símbolo 26. Sugestão de uso para o símbolo 32: você está aqui.						
Sim ¹⁶								
SÍMBOLOS PONTUAIS CRUCIFORMES	34		Qual a melhor opção?	35	35	35	35	
			Detectabilidade	Bom	Ótimo	Ótimo		
	Elevação	Ótimo	Ótimo	Ótimo				
	Deseño	Bom	Ótimo	Ótimo				
	Dimensões	Ótimo	Ótimo	Ótimo				
35		Intuitividade	Ruim	Ruim	Ruim			
		Observações	Sim ¹⁷	Não	Não			
		Descartar o símbolo 34 pois assemelha-se com o símbolo 33						
Sim ¹⁷								
LINHAS LISAS FORMATAÇÃO	36, 40 e 44		Qual a melhor opção?	40	Indiferente	36	36	
	37, 41 e 45		Detectabilidade	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
	38, 42 e 46		Espessura	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
			Elevação	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
40		Formato em Corte	Ótimo	Ótimo	Ótimo			
		Observações	Não	Sim ¹⁸	Não			
Sim ¹⁸								
A variação de formato em corte não é perceptível com facilidade								
LINHAS LISAS DUPLAS	39		Qual a melhor opção?	47	47	47	47	
			Detectabilidade	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
	43		Espessura	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
			Elevação	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
47		Formato em Corte	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica			
		Observações	Não	Não	Não			

NÚMERO CORRESPONDENTE	SÍMBOLO	CATEGORIAS DE AVALIAÇÃO	REVISORES			RESULTADO	SÍMBOLO
			01 CA 48 M	02 CC 37 F	03 CA 35 M		
BRAILE		Qual a melhor opção?	49	50	50	50	
		Sensação ao toque	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
		Legibilidade	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
		Elevação	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
50		Dimensões	Ótimo	Bom	Ótimo		
		Observações	Não	Sim ¹⁹	Não		
Sim ¹⁸	O espaçamento entre as celas braille é pequeno						
LINHAS TRACEJADAS		Qual a melhor opção?	52	52	52	52	
		Detectabilidade	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
		Espessura	Bom	Ótimo	Ótimo		
		Elevação	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
52		Formato em Corte	Não de aplica	Não se aplica	Não se aplica		
		Observações	Sim ²⁰	Não	Não		
Sim ²⁰	Manter o espessamento entre os traços independente do tamanho do traço.						
LETRAS EM RELEVO		Qual a melhor opção?	H, L, P, S, T e U	A, C, D, E, F, G, H, I, J, L, Q, P, R, S, T, U, Y e Z	A, C, B, D, E, F, G, H, I, J, L, Q, P, R, S, T, U, Y e Z	53	
		Detectabilidade	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
		Elevação	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
		Desenho	Bom	Ótimo	Ótimo		
		Dimensões	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
		Intuitividade	Ruim	Ruim	Ruim		
		Observações	Sim ²¹	Sim ²²	Não		
Sim ²¹	Diminuir a espessura das linhas de composição da fonte ou representá-las conforme a formatação de linhas lisas						
Sim ²²	Descartar a letra B e o símbolo pontual circular 30, pois é semelhante à letra U.						
MATERIAL		Sensação ao toque	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
		Leveza do Material	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
		Resistência	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
		Legibilidade	Ótimo	Ótimo	Ótimo		
		Observações	Não	Não	Sim ²³		
Sim ²³	Material superior se comparado aos métodos tradicionais de representação em papel microcapsulado e <i>thermoform</i> .						

Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

A numeração dos elementos não segue uma sequência crescente, tendo em vista o reposicionamento dos elementos na modelagem 3D em busca de um melhor aproveitamento da área de impressão. Contudo, a análise dos símbolos e elementos com mesmo significado foi feita em conjunto, conforme os agrupamentos existentes no Quadro 18.

Durante o acompanhamento das avaliações foi possível perceber que a memória visual existente no revisor 01CA48M e a experiência profissional como revisor braille de materiais didáticos do revisor 03CA35M foram fatores que influenciaram nas repostas, onde aquele trouxe mais sugestões para os significados dos símbolos e texturas e este, a facilidade de detecção e diferenciação de elementos semelhantes, sugerindo até mesmo o uso simultâneo em um mapa. Além disso, percebe-se que, mesmo tratando-se de uma avaliação realizada por 03 (três) profissionais atuantes ou com histórico de atuação na área de revisão de material tátil, a avaliação dos elementos difere entre os profissionais.

Quanto à modificação dos símbolos avaliados, a sugestão dada por 01CA48M, quanto à utilização dos símbolos universais de representação de gêneros para os sanitários masculino e feminino, da mesma forma que a inserção de uma seta para cima ou para baixo na representação do símbolo para escada, estão atreladas às experiências visuais do revisor. Já para o símbolo da escada fixa, após a explicação do significado das variações existentes na composição do símbolo 3, desenvolvido pelo autor, os revisores 02CC37F e 03CA35M, sugeriram a incorporação dessas características ao símbolo 4, escolhido de forma unânime como a melhor opção.

Quanto à sugestão de alteração de linhas, o revisor 03CA35M sugere o aumento do número de ondulações no elemento 20, tendo em vista a possibilidade de percepção de detalhes em uma área menor de representação. Já para linhas tracejadas, o revisor 01CA48M, defende a manutenção do espaçamento existente na linha 52, independentemente do comprimento destas nos segmentos, pois a percepção da variação dessa linha comparada às lisas se dá pela interrupção do traço seguido do início de outro segmento, importando assim a clara percepção da interrupção da linha. Contudo, para esse mesmo revisor, o maior espaçamento entre os pontos nas variações das linhas duplas pontilhadas prejudica a percepção da continuidade e, conseqüentemente, a legibilidade com um único tipo de representação. Uma sugestão dada pelo mesmo revisor diz respeito à modificação da espessura das linhas que compõem as letras em relevo, a fim de tornar mais clara a percepção dos espaços existentes no desenho das letras.

Com relação ao significado dos símbolos, o revisor 01CA48M, indicou o uso das texturas 12 e 13 na representação dos pisos táteis, pois compara a percepção tátil da exploração cotidiana de calçadas à representação adotada no protótipo. O revisor também sugeriu como significado para o símbolo pontual quadrado, 26, a localização de outro mapa e o símbolo pontual circular, 32, a localização do leitor no espaço físico.

Já para representação de entrada de ambientes, os revisores 01CA48M e 02CC37F sugerem o emprego do símbolo pontual triangular, 27. De maneira geral, a avaliação como ruim para o critério de avaliação intuitividade pode estar relacionada à falta de experiência ou desconhecimento das linguagens de representação de símbolos para mapas táteis. Além disso, como consequência da memória visual nula para os revisores 02CC37F e 03CA35M, percebe-se que a associação dos símbolos a significados de forma intuitiva é praticamente inexistente. Por outro lado, a adoção desse critério de avaliação se faz

necessária, tendo em vista que na criação de símbolos, além da elaboração de elementos com características favoráveis à sua interpretação e a assertividade na elaboração de símbolos associáveis a elementos reais contribuirá na melhoria da compressão dos seus significados por parte dos cegos.

A habilidade de detectar os relevos varia para cada revisor, por exemplo, para 03CA35, a texturas 12 e 13 poderiam ser utilizadas concomitantemente num mesmo mapa, pois que seriam distinguíveis, já para os demais não seria válido. Ainda, na análise das texturas 14, 15 e 18, apenas o revisor 01CA48M não percebeu a configuração em ziguezague do elemento.

Com relação à avaliação das linhas, de acordo com 03CA35M, os dois tipos de linhas simples pontilhadas, 21 e 22, poderiam ser utilizados no mesmo mapa, por terem características próprias perceptíveis. Já para os símbolos pontuais triangulares, o revisor 01CA48M sugere a exclusão do símbolo 28, por ser semelhante, durante a leitura tátil, ao elemento 29. Ainda para o revisor 01CA48M, o símbolo 30 deve ser excluído por ser semelhante ao símbolo 26, embora tenham desenhos circulares e retangulares, respectivamente.

Já na análise dos símbolos cruciformes, o revisor 01CA48M compara o símbolo 33 ao 34, o que justifica pela dificuldade de percepção dos espaços existentes entre as linhas, sugerindo, então, a exclusão deste símbolo. Na da análise das letras em relevo, o revisor 02CC37F sugere a exclusão do elemento 30, por se parecer com a letra ‘U’ em relevo. Além desse, também sugere a exclusão da letra ‘B’, devido às características semelhantes à letra ‘D’.

Quanto à análise das variações de formato das linhas, para o revisor 02CC37F a variação foi indiferente na representação, dificultando até mesmo caracterizar dentre as linhas quais delas tinham formatos retangulares e arredondados, além da falsa impressão de que as linhas triangulares fossem linhas retangulares, porém mais finas, mesmo tendo a base mais espessa. Além disso, o mesmo revisor classificou como pequenos os espaços existentes entre as celas braille da terceira representação, 50, ainda que fosse a opção mais legível e detectável, se comparada às demais.

Destaca-se aqui a construção da memória tátil após a leitura realizada pelos revisores, uma vez que, mesmo na análise de símbolos realizada em momentos distintos (símbolos de uso 5 e 11 e os símbolos pontuais 31 e 34), os eles associaram os seus formatos, reforçando assim a restrição quanto à utilização de símbolos de mesmo desenho com dimensões variadas.

Fazendo uma comparação das sugestões dadas por Edman (1992) e Jehoel (2007), quanto à elaboração de símbolos pontuais percebe-se: (1) a opinião contrária quanto à preferência de leitura de símbolos que caibam na ponta dos dedos, em detrimento aos maiores, uma vez que foi unânime a escolha dos símbolos de uso para os sanitários com maior dimensão; (2) a opinião favorável quanto à semelhança na percepção de símbolos geométricos de mesmo formato, nas versões sólido e vazado; (3) a comprovação de que variações de figuras geométricas básicas são pouco perceptíveis; e (4) parecer desfavorável unânime, quanto à preferência de elementos desenhados com as bordas afiadas, a exemplo das linhas.

Já com relação ao material de impressão, de forma unânime ele foi classificado com ótimo em todos os aspectos analisados, tendo ainda o revisor 03CA35M destacado a expressiva superioridade das qualidades, quando comparadas aos métodos de fabricação dos materiais didáticos dos quais é feita a revisão: papel micro capsulado e termoformagem em películas de PVC. Tratando-se de um elemento destinado à análise tátil, a resistência apresentada pelo material foi de grande importância, tendo em vista a complexidade dos elementos representados e a necessidade de manutenção da sua integridade física. A tecnologia e o material adotados possibilitaram a elaboração dos símbolos, letras, linhas e texturas com grande resolução e definição de contornos. Além disso, apresentou-se uma experiência de leitura tátil extremamente agradável aos usuários. Tais características favoreceram a percepção do usuário no que diz respeito à detecção dos elementos e à identificação da sua hierarquia de representação, que visa facilitar a sua leitura quando inseridos em um mapa.

7 DIRETRIZES PARA FABRICAÇÃO

Neste capítulo são apresentados os parâmetros e critérios a serem adotados na fabricação de símbolos táteis. Como resultado da avaliação do protótipo, há a definição de: critérios de representação; redução da variedade de elementos apresentados como os símbolos pontuais, de uso, letras em relevo e braile; manutenção daqueles já sugeridos para texturas; e inclusão de novos tipos para as linhas, como pode ser observado a seguir:

- a) Símbolos de uso: a avaliação desses elementos teve por objetivo principal analisar a intuitividade de alguns elementos, especialmente aqueles sugeridos por Loch, tendo em vista que foram critérios desenvolvidos na mesma instituição de origem da presente pesquisa. Contudo, o critério de intuitividade não teve resultados relevantes. Além disso, fixaram-se as dimensões máximas de representação dos elementos sugeridos pela autora, reduzindo assim sua variação de representação.
- b) Símbolos pontuais: de um total de 11 elementos pontuais sem um uso específico, houve uma redução para 06 símbolos, obtendo-se assim uma variação mais assertiva, no que diz respeito à resposta tátil da leitura;
- c) Linhas: optou-se pela representação dos 04 tipos de linhas mais detectáveis, de acordo com a pesquisa de Jehoel (2007), e a inclusão das linhas pontilhadas simples e tracejadas. Dessa forma, além de unificar os parâmetros para esses elementos, houve um ganho, no que diz respeito aos tipos de representação;
- d) Texturas: mantiveram-se as variações de representação sugeridas como mais eficientes, e também reduziu-se o intervalo de variação do parâmetro de elevação a um único critério;
- e) Letras em relevo: havia apenas um parâmetro para representação desses elementos. Contudo, como resultado da análise, sugere-se um critério preferencial de utilização desses elementos, reduzindo de 17 para 06 opções.
- f) Braile: a NBR 90590:2015 traz duas opções de elevação para os pontos (0,6mm e 0,8mm) e três opções de diâmetro para os pontos (1.2mm; 1.6mm e 2.0mm). Após a avaliação das opções, reduziu-se para apenas um critério de representação.









Ainda, seguindo o princípio da hierarquização dos elementos proposta por James (1982 apud EDMAN, 1992, p. 208, tradução nossa), e o maior número de ocorrência para um mesmo critério, fixaram-se os valores para elevação para elementos com os mesmos significados; a redução da variação de espessuras para representação de linhas e o seu formato em corte.

Com o intuito de unificar as simbologias já criadas para alguns elementos na cartografia braile, sugere-se que os elementos aqui validados sejam utilizados com os significados já existentes. Para a representação de outros elementos da arquitetura, deve-se fazer o emprego dos demais símbolos. Caso a quantidade de símbolos testados nessa pesquisa seja insuficiente para a quantidade de informações a ser representada, sugere-se que sejam utilizados os demais símbolos criados pelos autores pesquisados (ver Quadro 1, Sugestões de representação no mapa), adaptando-os aos parâmetros validados nessa pesquisa e evitando aqueles apontados como inadequados, seja em função da dificuldade de leitura ou de semelhança com os demais.

Tendo em vista que não houve um resultado de desempate na escolha das letras em relevo, a seleção partiu da exclusão daquelas menos indicadas pelos revisores.







Os Quadros 19 a 24 agrupam as informações, juntamente com os símbolos, os critérios de representação e as categorias de avaliação.

Quadro 19 - Parâmetros de representação de símbolos de uso

SÍMBOLOS DE USO		PARÂMETRO DE REPRESENTAÇÃO
LINHA DE USO - LIMITE PERIGOSO		20 PONTOS PARA CADA 25.4 mm ESPESSURA DA LINHA: 1.0 mm DIÂMETRO DO PONTO: 1.0 mm ELEVAÇÃO DA LINHA: 0.5 mm RAIO DO PONTO ACIMA DA LINHA: 0.5 mm
SÍMBOLOS DE USO - ESCALA FIXA	 +1  +1  -1  -1	LARGURA TOTAL: 7.1 mm ALTURA TOTAL: 7.1 mm ESPESSURA DAS LINHAS: 1.0 mm ESPASSAMENTO ENTRE ELEMENTOS: 2.00 mm ELEVAÇÃO LINHA 1: 0.5 mm ELEVAÇÃO LINHA 2: 1.0 mm ELEVAÇÃO LINHA 3: 1.5 mm ELEVAÇÃO DO PONTO: 1.5 mm DIÂMETRO DO PONTO: 1.5 mm
SÍMBOLOS DE USO - SANITÁRIO MASCULINO		DIMENSÕES (LxA): 10 x 15 mm ELEVAÇÃO: 1.5 mm ESPESSURA DAS LINHAS: 1.0 mm
SÍMBOLOS DE USO - SANITÁRIO FEMININO		DIMENSÕES (LxA): 17 mm x 10 mm ELEVAÇÃO: 1.5 mm ESPESSURA DAS LINHAS: 1.0 mm
SÍMBOLOS DE USO - SANITÁRIO UNISEX		DIÂMETRO: 8.9mm ELEVAÇÃO: 1.5 mm ESPESSURA DA LINHA: 1.0mm



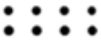



Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

Quadro 20 - Parâmetros de representação de símbolos pontuais

SÍMBOLOS PONTUAIS	PARÂMETRO DE REPRESENTAÇÃO
SÍMBOLOS PONTUAIS QUADRADOS	 <p>ESPESSURA DE LINHA: 1mm ELEVAÇÃO: 1.5 mm LADO: 8.9 mm</p>
SÍMBOLOS PONTUAIS TRIANGULARES	  <p>ESPESSURA DE LINHA: 1mm ELEVAÇÃO: 1.5 mm LADO: 10 mm</p>
SÍMBOLOS PONTUAIS CIRCULARES	  <p>ESPESSURA DE LINHA: 1mm ELEVAÇÃO: 1.5 mm DIÂMETRO: 8.9 mm RAIO DO PONTO: 1.5 mm</p> <p>ESPESSURA DE LINHA: 1mm ELEVAÇÃO: 1.5 mm DIÂMETRO: 8.9 mm</p>
SÍMBOLOS PONTUAIS CRUCIFORMES	 <p>ESPESSURA DE LINHA: 1mm ELEVAÇÃO: 1.5 mm LADO: 8.9 mm</p>






Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

Quadro 21 - Parâmetros de representação de linhas

LINHAS		PARÂMETRO DE REPRESENTAÇÃO
LINHA ONDULADA		MÍNIMO 4 CRISTAS E 4 VALES EM 25mm ESPESSURA DA LINHA: 1.0 mm DIST. EXTERNA ENTRE CRISTA E VALE: 4.0 mm ELEVAÇÃO DA LINHA: 1.0 mm
LINHAS SIMPLES PONTILHADAS		DIÂMETRO DO PONTO: 2.0 mm ELEVAÇÃO DO PONTO: 1.00mm DISTÂNCIA NO EIXO DOS PONTOS: 4.00 mm
LINHAS DUPLAS PONTILHADAS		DIÂMETRO DO PONTO: 2.0 mm ELEVAÇÃO DO PONTO: 1.0 mm ESPAS. EIXO X ENTRE PONTOS: 2.0 mm ESPAS. EIXO Y ENTRE PONTOS: 2.0 mm
LINHAS TRACEJADAS		ELEVAÇÃO DA LINHA: 1.0 mm ESPESSURA DA LINHA: 1.0 mm TAMANHO DO TRAÇO 9.0 mm ESPAÇO ENTRE OS TRAÇOS: 4.5 mm
LINHAS LISAS DUPLAS		ESPESSURA DA LINHA: 1.0 mm ELEVAÇÃO DA LINHA: 1.0 mm DISTÂNCIA ENTRE LINHAS: 2.0 mm
LINHAS LISAS FORMTAÇÃO		ESPESSURA DE 1.0 A 1.5 mm ELEVAÇÃO: 1.0 mm BORDA: RETANGULAR

Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

Quadro 22 - Parâmetros de representação de texturas

TEXTURAS	PARÂMETRO DE REPRESENTAÇÃO
TEXTURAS CANELADAS 	DISTÂNCIA ENTRE EIXO DAS LINHAS: 2.4 mm ESPESSURA DAS LINHAS: 1.0 mm ELEVAÇÃO DAS LINHAS: 0.5 mm
TEXTURAS EM ZIGUE-ZAGUE 	DISTÂNCIA ENTRE CRISTA E VALE EIXO X: 3mm DISTÂNCIA ENTRE CRISTA E VALE EIXO Y: 4mm DISTÂNCIA ENTRE LINHAS: 3 mm ESPESSURA DA LINHA: 1 mm ELEVAÇÃO DA LINHA: 0.5 mm
TEXTURAS PONTILHADAS 	DISTÂNCIA ENTRE EIXO DOS PONTOS: EIXO X: 2.mm EIXO Y: 2.00mm DISTRIBUIÇÃO DOS PONTOS: não radial; DIÂMETRO DOS PONTOS: 1.00mm RAIOS DOS PONTOS (ELEVAÇÃO): 0.5mm
TEXTURA LISA 	NÃO HÁ PARÂMETROS DE REPRESENTAÇÃO
TEXTURA RUGOSA 	NÃO HÁ PARÂMETROS DE REPRESENTAÇÃO

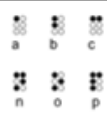
Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

Quadro 23 - Parâmetros de representação de letras em relevo

LETRAS EM RELEVO	PARÂMETRO DE REPRESENTAÇÃO
LETRAS EM RELEVO H, L, P, S, T e U	ALTURA: 14.2 mm ELEVAÇÃO: 1.5 mm FONTE: ARIAL REGULAR

Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

Quadro 24 - Parâmetros de representação do braile

BRAILE	PARÂMETRO DE REPRESENTAÇÃO
BRAILE 	DIÂMETRO DO PONTO: 2.0 mm RAI0 DO PONTO SOBRE O PLANO: 0.8 mm

Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

Como resultado da redução de alguns elementos, incorporação de outros e a elaboração dos parâmetros de representação de acordo com seus significados, obtém-se uma padronização de representação. Tal padronização tende a facilitar o processo de leitura e compressão dos mapas, tendo em vista a viabilidade da sua repetição por pesquisadores e desenvolvedores de mapas e maquetes táteis e, conseqüentemente, o acesso dos usuários.

Ainda, é de suma importância que na avaliação de novos símbolos e parâmetros sejam empregadas as categorias de avaliação sugeridas na presente pesquisa, a saber: sensação ao toque, leveza do material, resistência à manipulação, legibilidade, detectabilidade, espessura, elevação, formato em corte, desenho, dimensões e intuitividade, conforme exposto no Quadro 25.

Quadro 25 - Categorias de avaliação para criação de elementos táteis

ELEMENTO	CATEGORIA
Material	Sensação ao toque
	Leveza do material
	Resistência à manipulação
	Legibilidade
Linhas (simples, pontilhadas, duplas, tracejadas)	Detectabilidade
	Espessura
	Elevação
	Formato em corte
Símbolos pontuais / símbolos de uso	Detectabilidade
	Elevação
	Desenho
	Dimensões
	Intuitividade
Texturas	Sensação ao toque
	Detectabilidade
	Elevação
Braile	Sensação ao toque
	Legibilidade
	Elevação
	Dimensões
Letras em relevo	Detectabilidade
	Elevação
	Desenho
	Dimensões
	Intuitividade

Fonte: desenvolvido pelo autor (2016).

Tais categorias têm por objetivo subsidiar uma análise e uma avaliação mais completa das características perceptíveis pelos usuários, e que estão diretamente relacionadas ao sucesso da definição de novos parâmetros e implementação dos símbolos nos mapas táteis.

Comparando-se a técnica de impressão a jato de fotopolímero, PolyJet, com as demais utilizadas nos estudos de caso analisados, percebe-se que essa tecnologia agrega os mesmos aspectos positivos da SLS. Contudo, por serem tecnologias que se destinam a fornecer a mais alta qualidade e desempenho para profissionais e indústria, os seus custos acabam sendo proporcionais (NEHUEN, 2016, tradução nossa).

Além disso, embora o material impresso neste estudo seja monocromático, a PolyJet permite a impressão com variação de cores, somando assim um aspecto positivo encontrado na 3DP e FDM, inexistente na SLS. O Quadro 26 traz o resumo das técnicas, além de incluir algumas características até então não descritas pelos autores nos seus estudos.

Quadro 26 - Análise das cinco tecnologias utilizadas nos estudos de caso

TECNOLOGIA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
3DP	Representação de volumes complexos	Fragilidade do material
		Variação dimensional em relação ao modelo digital
		Baixa agradabilidade tátil
	Variação de cores	Necessidade de pós-processamento para aumento da resistência dos elementos
	Velocidade de impressão alta (VOLPATO et al., 2005 ³³ apud PUPO, 2009)	Baixa resolução de impressão
Corte a Laser	Precisão dos cortes	Limitação de representação de volumetrias
	Velocidade de impressão alta	
	Menor custo de produção	
	Variação de representação de texturas, cortes e vincos	
SLS	Representação de volumes complexos	Custo de produção elevado
	Agradabilidade tátil	

³³ VOLPATO, N.; AHRENS, C. H.; FERREIRA, C. V.; PETRUSH, G.; CARVALHO, J.; SANTOS, J. R. L.; SILVA, J. V. L. **Prototipagem Rápida: tecnologias e aplicações**. São Paulo: Edgard Blucher, 2007.

	Grande resolução de impressão	
	Resistência do material	
	Leveza do material	
	Velocidade de impressão média (VOLPATO et al., 2005 apud PUPO, 2009)	
FDM	Resistência à flexão	Baixa agradabilidade tátil
	Leveza do material	Fragilidade do material
	Menor curso de produção	Baixa resolução de impressão
	Possibilidade de variação de cores	Velocidade de impressão baixa (VOLPATO et al., 2005 apud PUPO, 2009)
PolyJet	Grande resolução de impressão	Custo de produção elevado
	Representação de volumes complexos	
	Resistência do material	
	Agradabilidade tátil	
	Leveza do material	
	Possibilidade de variação de cores (STRATASYS, 2016)	
	Velocidade de impressão média (VOLPATO et al., 2005 apud PUPO, 2009).	

Fonte: desenvolvido pelo autor (2017).

Dessa forma, baseando-se no Quadro 26, dentre as cinco tecnologias estudadas (PolyJet, corte a laser, 3DP, SLS e FDM), a PolyJet agrega o maior número de características positivas para a fabricação de mapas táteis, destacando-se: (1) grande resolução de impressão; (2) resistência do material; (3) agradabilidade tátil; (4) leveza do material; e (5) possibilidade de variação de cores.

8 REFLEXÕES FINAIS

Este capítulo de reflexões finais traz a conclusão geral resultante de toda a pesquisa, apresentando uma conexão dos conceitos e informações obtidos nas etapas prévias com os resultados do desenvolvimento do Caso 5. Além disso, são feitas recomendações para pesquisas futuras, baseando-se nos resultados obtidos com esta dissertação.

8.1 CONCLUSÃO GERAL

Mediante a análise da entrevista, foi possível perceber que o fator “segurança ao caminhar” é extremamente relevante para os usuários que necessitam de sistemas de acessibilidade. Tal necessidade vai ao encontro da utilização dos mapas táteis, tendo em vista que, ao fazer a consulta no mapa, o usuário terá acesso à representação do espaço físico ao seu redor, permitindo assim um planejamento prévio das suas ações e, conseqüentemente, subsidiando a elaboração de um mapa mental mais assertivo.

Dentre os nove entrevistados, apenas dois já fizeram uso de mapas táteis para mobilidade, e eles atribuem importante relevância na sua utilização. Infelizmente, esse pequeno número remete à escassez dessa ferramenta. Por outro lado, as respostas demonstram o grande interesse por parte dos usuários em utilizar esse dispositivo, incumbindo à sociedade o atendimento a essa demanda com a instalação dos mapas táteis, atendendo aos requisitos da NBR 90590:2015. Cabe destacar também a grande importância dada aos pisos táteis, no entanto, mesmo com os benefícios da sua utilização, eles trazem insegurança aos usuários em virtude da sua instalação incorreta e desconforto de uso em virtude do seu formato. Outro aspecto relevante resultante da entrevista diz respeito à sugestão quanto à utilização de pisos táteis associados aos mapas, funcionando assim como ferramentas complementares de auxílio à mobilidade.

Já com relação aos elementos presentes no ambiente e que influenciam no deslocamento dos usuários, percebe-se a importância da representação das variações de pisos, mobiliários e elementos construtivos. Dessa forma, torna-se necessário um levantamento *in loco* para registro de todos esses elementos, a fim de se projetar um mapa com o maior número de informações relevantes possíveis, porém, deve-se atentar para não poluir a sua representação com excessos de informação.

No que diz respeito às técnicas para se mensurar a distância a percorrer, há uma variação entre os usuários. Com o objetivo de auxiliar nesse processo, um mapa tátil pode trazer elementos facilitadores da percepção da distância a ser percorrida, seja por intermédio da inserção de uma escala em metros, ou ainda, a representação dos referenciais ou marcos a serem utilizados para transpor a rota.

Com relação à expectativa dos usuários, o ganho de maior autonomia, segurança e realização pessoal demonstram a relevância dos estudos que possam contribuir, não somente com a melhoria de métodos e critérios de fabricação a serem adotados na confecção de símbolos e mapas táteis, mas também com a disseminação dessa ferramenta.

Partindo dos resultados da revisão sistemática, foi possível perceber o estágio inicial das pesquisas relacionadas à fabricação e projeto de mapas táteis em que, de um total de 229 publicações, menos de 50% relacionam-se a mapas táteis. Cabe ressaltar ainda que, dentre os 103 resultados, foram consideradas publicações que tratam do aspecto cognitivo da leitura tátil, do desempenho de equipamentos utilizados na sua fabricação e dos dispositivos associados ao uso dos mapas, que não necessariamente contribuem diretamente para uma padronização. Como consequência da falta de padronização na representação desses dispositivos, há a dificuldade ao acesso, conhecimento e compreensão por parte dos usuários.

Outro aspecto relevante diz respeito à análise dos resultados da revisão sistemática quanto à implementação das ferramentas de prototipagem digital no processo de fabricação de mapas e maquetes táteis. Dos 103 resultados, apenas 11 publicações abordaram o assunto, reduzindo para 4,8% a representatividade dos estudos.

Os exemplos da inserção da prototipagem digital como ferramenta de inclusão social na fabricação de instrumentos de tecnologia assistiva, voltados para as deficiências auditiva, motora e visual, mostraram o grande leque de possibilidades de aplicação que influenciam no cotidiano das pessoas. Além disso, os estudos de caso sobre a sua utilização na fabricação de mapas e maquetes táteis mostraram um crescimento qualitativo expressivo, quando a prototipagem digital é comparada aos métodos tradicionais de fabricação.

Nesta pesquisa, por exemplo, foi possível avaliar dois métodos de impressão na fabricação de mapas táteis não encontrados até então: *fusion deposition modeling* (FDM) e impressão com jato de fotopolímero (PolyJet). Como resultado, percebeu-se que a tecnologia de FDM não possui resolução suficiente para reprodução dos relevos e

que o material apresentou pouca resistência durante a exploração tátil, além de deixar resíduos com quantidade expressiva de material poluindo a superfície do protótipo. Por sua vez, a PolyJet apresentou resultados extremamente satisfatórios, considerando-se a avaliação realizada pelos três revisores. Diversos aspectos relevantes na fabricação de mapas e maquetes táteis foram atendidos, como: (1) leveza do material; (2) resistência à manipulação tátil; (3) agradabilidade ao tato; e (4) legibilidade dos elementos impressos.

Dessa forma, dentre as tecnologias de PD exploradas, tanto nos testes quanto nos estudos de caso, PolyJet e Sinterização Seletiva a Laser (SLS) destacam-se por atenderem com grande eficiência e qualidade aos aspectos desejados na fabricação de mapas e maquetes táteis, contudo, a ainda possibilita a impressão em cores, sobressaindo-se assim em relação à SLS. Além disso, tais qualidades destacam-se ainda mais quando comparadas aos métodos tradicionais de fabricação de materiais em braile, conforme evidenciado por um dos revisores. Porém, para que seja possível determinar qual das duas é a mais indicada para impressões monocromáticas, seria necessária uma análise comparativa de custos e tempo de impressão para um mesmo protótipo.

Mediante as avaliações realizadas pelos revisores, foi possível comprovar a viabilidade da caracterização dos elementos táteis sugeridos nesta pesquisa. Destaca-se também que, embora os estudos sobre mapas e maquetes táteis tenham uma expressividade quantitativa superior em relação ao Brasil, esses ainda assim apresentam critérios distintos de representação. Tendo em vista que a norma vigente não aborda nenhum desses aspectos, espera-se que esses parâmetros possam auxiliar na elaboração de mapas e dispositivos táteis, levando a uma padronização na sua fabricação. Percebe-se ainda que, por se tratar de uma experiência tátil que tem relação com a experiência de vida do indivíduo, aliada às suas habilidades e sensibilidades desenvolvidas, a aceitação como unânime e ideal de representação é algo difícil de atingir. Como exemplo, são citados os três revisores onde a memória visual e a experiência profissional se mostraram relevantes na configuração das respostas, seja na escolha dos elementos ou nas sugestões de modificações ou indicações de uso. Dessa forma, é sabido que se o material fosse submetido a uma avaliação por usuários sem a mesma habilidade ou acuidade tátil, poderia apresentar-se aquém das expectativas.

Os benefícios desta pesquisa vão além das sugestões aqui disponibilizadas. No âmbito pessoal, evidenciou a importância da elaboração de projetos com uma configuração espacial clara, facilitando

o deslocamento das pessoas com deficiência e, além disso, desperta uma preocupação maior com a manutenção da integridade das superfícies por onde o usuário se desloca, uma vez que qualquer desnível ou interrupção do revestimento torna-se um potencial alerta para o usuário.

Espera-se que um designer de mapas e novos pesquisadores da área possam fazer uso dos parâmetros aqui sugeridos e validados pelos revisores na fabricação de mapas táteis. Além de que faça uso dos critérios para elaboração de novos símbolos e da avaliação dos elementos.

8.2 RECOMENDAÇÕES PARA PESQUISAS FUTURAS

Durante a realização dos estudos nas áreas de acessibilidade e fabricação digital, percebeu-se o leque de oportunidades para aprofundamento ou novos direcionamentos da pesquisa. Tendo em vista o exposto, sugerem-se alguns tópicos a serem explorados futuramente, utilizando-se os parâmetros de representação de símbolos desenvolvidos nesta pesquisa:

- a) Fabricação de mapas táteis para ambientes complexos, tais como terminais rodoviários, aeroportos e shoppings;
- b) Incorporação de técnicas de fabricação com variação de cores de impressão para que o material sirva de orientação para videntes, além da informação tátil para cegos e pessoas com baixa visão;
- c) Criação de símbolos para os diversos elementos arquitetônicos, submetendo-os à validação, desenvolvendo um banco de dados para fabricação de mapas e maquetes táteis;
- d) Aplicação de novas pesquisas não somente com especialistas em revisão de material braile, ampliando também o número de respondentes.

REFERÊNCIAS

- AHMED, K.; MCCALLUM, D.; SHELDON, D. F. **Multiphase** micro-drop interaction in ink jet printing of 3D structures for tactile maps. *Modern Physics Letters B*, v. 19, 2005. p. 1699-1702.
- ALVES, Maria Luíza Tanure; DUARTE, Edison. Imagem corporal e deficiência visual: um estudo bibliográfico das relações entre a cegueira e o desenvolvimento da imagem corporal. In: **Acta Sci. Human Soc. Sci.** Maringa: 2008. v. 30, n.2.
- ANTAS, A. F. F. **Utilização das tecnologias de prototipagem rápida na área médica.** 2007. 150 f. Dissertação (Mestre em Design Industrial). Departamento de Engenharia Mecânica e Gestão Industrial, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Portugal, 2007. Disponível em: <<http://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/11179/2/Texto%20integral.pdf>>. Acesso em: 7 out. 2012.
- ANTONIO, J. H. W. FOGGIATTO, J. A. Procedimentos para aplicação da prototipagem rápida na área da saúde. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE FABRICAÇÃO, 6, 2011. Caxias do Sul, RS. [**Trabalhos apresentados...**]. Caxias do sul, 2011. Disponível em: <<http://alvarestech.com/temp/cobef2011/grima.ufsc.br/cobef2011/media/trabalhos/COF11-0070.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2012.
- APELT, Ron; CRAWFORD, John; HOGAN, Dennis. **Wayfinding design guidelines.** Cooperative Research Centre for Construction Innovation. Icon.Net Pty Ltd, 2007.
- ARTHUR, Paul; PASSINI, Romedi. **Wayfinding:** people, signs and achitecture. Tornado: McGraw-Hill Companies, 2002.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050:** acessibilidade de pessoas portadoras de deficiência a edificações, espaço, mobiliário e equipamento urbano. Rio de Janeiro: ABNT, 2004
- _____. **NBR 9050:** acessibilidade de pessoas portadoras de deficiência a edificações, espaço, mobiliário e equipamento urbano. Rio de Janeiro: ABNT, 2015

BEM, G. M. **Mapas táteis**. Florianópolis, 2012. 1 p. Trabalho não publicado.

_____; PUPO, R. T.; PEREIRA, A. T. C. **A prototipagem rápida como ferramenta de apoio à inclusão social**. In: ENEAC: IV Encontro nacional de ergonomia do ambiente construído & V seminário brasileiro de acessibilidade integral, Florianópolis, 2013.

BEM, Roberta Moraes; REINISCH, Christianne Coelho de Souza Reinisch. Gestão do conhecimento, ciência da informação e biblioteconomia: uma análise bibliométrica da produção científica. **Rev. digit. bibliotecon. cienc. inf.**, Campinas, SP, v.12, n.2, p.38-58, maio/ago. 2014. ISSN 1678-765X. Disponível em:<<http://www.sbu.unicamp.br/seer/ojs/index.php/rbci>>. Acesso em: 16 nov. 2014

BERNARDI, Núbia. **A aplicação do conceito do desenho universal no ensino de arquitetura**: o uso de mapa tátil como leitura de projeto. 2007. 340 f. Tese (Doutor em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2007.

_____; d'ABREU, J. V. V.; KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. Orientação espacial no campus da UNICAMP: diretrizes para o desenvolvimento de um mapa de uso tátil e sonoro como ferramenta de auxílio ao percurso do usuário com deficiência visual. In: ENCONTRO NACIONAL, 10; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE CONFORTO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 6. Natal, 2009. [Anais...]. Natal, 2009. p. 1827-1830.

BINS ELY, Vera Helena Moro. **Orientar-se no espaço**: condição Indispensável para a Acessibilidade. 2004. Disponível em: <http://pitagoras.unicamp.br/~teleduc/cursos/diretorio/tmp/2549/portfolio/item/32/Unic%20038.pdf>

_____; DISCHINGER, Marta; MATTOS, Melissa Laus. Sistemas de Informação ambiental – elementos indispensáveis para a acessibilidade e orientabilidade. In: CONGRESSO LATINO- AMERICANO DE ERGONOMIA, 7., CONGRESSO BRASILEIRO DE ERGONOMIA, 22., SEMINÁRIO BRASILEIRO DE ACESSIBILIDADE INTEGRAL, 1., 2002, Recife. [Anais...]. Recife, 2002.

BLADES, M.; UNGAR, S.; SPENCER, C. **Map use by adults with visual impairments**. The Professional Geographer, 51 (4)., Oxford, UK, 1999. pp. 539-553.

BRANDÃO, M. M. **Acessibilidade espacial para pessoas com deficiência visual**: discussão e contribuições para NBR 9050/2004. 2011. 198 f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo. Florianópolis, 2011.

CAPELI, Giovanni Andreas; BERNARDI, Núbia. **Projeto de mapa tátil e sonoro para área central do campus da UNICAMP**: desenvolvimento de recursos que auxiliem na orientação espacial de usuários com deficiência visual. Campinas. Relatório de iniciação científica, 2011.

CARLIN, Fernanda. **Acessibilidade espacial em shopping center**: um estudo de caso. 2004. 193 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção. Florianópolis, 2004.

DINIZ, Ana Paula. Vendas crescem, mas tecnologia é para poucos. **Cadesign**. (on line). São Paulo: Market Press. v.8, n. 88, p. 20-25, 2002. Disponível em: http://www.quatterdesign.com.br/img/Reportagem_Caddesign_Quatter.pdf>. Acesso em: 29 set. 2012.

DISCHINGER, Marta. **Designing for all senses**: accessible spaces for visually impaired citizens. Department of space and process. Chalmers University of Technology. Göteborg, Sweden, 2000.

_____. Protocolo de avaliação. In: **Desenvolvimento, fabricação e comercialização piloto de pisos poliméricos táteis para acessibilidade**. Florianópolis, Universidade Federal de Santa Catarina. Departamento de Engenharia Mecânica, 2012. 1-3.

_____. **Tecnologia assistiva**: design inclusivo. 2012. 54 slides. Notas de aula.

DRESCH, Aline; LACERDA, Daniel Pacheco; JUNIOR, José Antonio Valle Antunes. **Design science research**: método de pesquisa para avanço da ciência e tecnologia. Porto Alegre: Bookman, 2015.

EDMAN, K. Polly. **Tactile graphics**. American Foundation for the Blind, New York, 1992.

ELALI, G.A.; PINHEIRO, J. O. Analisando a experiência do habitar: algumas estratégias metodológicas. In: VILLA, S. B.; ORNSTEIN, S. W. **Qualidade ambiental na habitação**: avaliação pós ocupação. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. p. 15-35.

FERREIRA, M. E. S.; FERREIRA, L. F. **Construção de matrizes táteis pelo processo de prototipagem rápida**. Revista Brasileira de Cartografia (Online), v. 64, p.45-55, 2012.

GARCIA, N. Como desenvolver programas de orientação e mobilidade para pessoas com deficiência visual. In: MOTA, M. G. B. **Orientação e mobilidade**: conhecimentos básicos para inclusão da pessoa com deficiência visual. Ministério da Educação: Brasília, 2003. p. 67-120.

GUAL, J.; PUYUELO, M.; LLOVERAS, J. Universal design and visual impairment: tactile products for heritage access. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, 1. 2011, Spain. [Anais...]. Spain: Technical University of Denmark, 2011.

HOFFMANN, Sonia B.; SEEWALD, Ricardo. Caminhar sem medo e sem mito: Orientação e mobilidade. 2003. In: **A bengala legal**. Disponível em: <<http://www.bengalalegal.com/orienta#301>> Acesso em: 10 ago. 2015. Documento não paginado.

HSIEH, Ming-Kai; CHEN, A. C.; CHENG, C.; CHOU, Y.; CHAN, Y.; HSU, K. **Repositioning osteotomy for intra-articular malunion of distal radius with radiocarpal and/or distal radioulnar joint subluxation**. The journal of TRAUMA: Injury, infection, and critical care. v. 69. n. 2. p. 418-422. Lippincott Williams & Wilkins, 2010.

HURST, Amy; TOBIAS, Jasmine. **Empowering individuals with do-it-yourself assistive technology**. 2011. University of Maryland. Baltimore, 2011.

JEHOEL, Sandra. **A series of psychological studies on the design of tactile maps**. 246f. These. University of Surrey, Guilford. 2007.

LANG, K. **Art for the blind, 2001**. Disponível em:
<<http://www.artagogo.com/commentary/artforblind/artforblind.htm>>
Acesso em: 6 out. 2012.

LIPSON, Hod; KURMAN, Melban. **Factory @ Home: The Emerging Economy of Personal Manufacturing**. Report Commissioned by the Whitehouse Office of Science & Technology Policy, 2010.

LOCH, R. E. N. **Cartografia tátil: mapas para deficiente visuais**. Portal da cartografia, v. 1, n.1., 2008, Londrina – PR. Disponível em:
<<http://www.uel.br/revistas/uel/index.php/portalcartografia/article/view/1362>>. Acesso em: 25 set. 2012.

_____; NASCIMENTO, R. D. S.; CHAVES, A. P. N.; ALMEIDA, L. C.; ANDRADE, S.; SILVA, C. M. DA; LIMA, G. M. de A.; GOLIN, G.; BULBARELLI, L.; SANTOS, R. F. P. do. **Catálogo de símbolos e materiais de mapas táteis para mobilidade**. In: Catálogo de Materiais ABNT. Universidade Federal de Santa Catarina, 2007. Disponível em:
<http://www.labtate.ufsc.br/ct_clique_p_baixar_catalogo.html>. Acesso em: 04 mai. 2016.

LORA, T. D. P. Descobrir o real papel das outras percepções, além da visão, para orientação e mobilidade. In: MOTA, M. G. B. **Orientação e mobilidade: conhecimentos básicos para inclusão da pessoa com deficiência visual**. Ministério da Educação: Brasília, 2003. p. 56-65.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos da metodologia científica**. 5 ed. São Paulo: Atlas, 2003.

MARTENS, B.; STELLINGWERFF, M. Creating Physical Models Using Virtual Reconstructions: Mixed CAM techniques for a Viennese synagogue scale model. In: ANGULO, A.; VASQUEZ, V. G. **IBEROAMERICAN CONGRESS OF DIGITAL GRAPHICS - SIGRADI**, 9. 2005, Lima, v. 1, p. 108-113. **Proceedings...** Lima, 2005.

MILAN, L. F.; CELANI, M. G. C. Maquetes táteis: infográficos tridimensionais para a orientação espacial de deficientes visuais. **Relatório Final de Iniciação Científica**, UNICAMP, 2006.

MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO. **Catálogo nacional de produtos de tecnologia assistiva**. Apresenta a classificação dos produtos de tecnologia assistiva segundo a ISO 9999:2007, 2012. Disponível em: <<http://assistiva.mct.gov.br/>>. Acesso em: 5 nov. 2014

NEHUEN, Ribeiro. **SLS vs Polyjet Comparison**, 2016. Disponível em: <https://www.sculpteo.com/blog/2016/01/06/sls-vs-polyjet-comparison/>. Acesso em: 18 fev. 2017.

OLIVEIRA, M. R.; FABRICIO, M. M. Projeto paramétrico e prototipagem rápida: casos em instituições internacionais. In: KOWALTOWSKI, Doris C. C. K.; MOREIRA, Daniel de Carvalho; PETRECHE, João R. D.; FABRÍCIO, Márcio M. **O processo de projeto em Arquitetura**: da teoria à tecnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 455-469.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DE SAÚDE (OMS). **Classificação internacional de funcionalidade, incapacidade e saúde (CIF)**. Lisboa, 2004.

OBERHOFER, C. **Computergestützte Rekonstruktion der Synagoge in Wien Währing**. 2005. 125 f. Thesis. Vienna University of Technology, 2005.

PUPO, R. T. **Inserção da prototipagem e fabricação digitais no processo de projeto**: um novo desafio para o ensino da arquitetura. 2009. 260 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil). Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo. Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2009.

_____; ARANDA, I.M. **Sentir um quadro**. In: CONGRESSO DE LA SOCIEDAD IBEROAMERICANA DE GRÁFICA DIGITAL (SIGraDi). 15. Santa Fé, Argentina, 2011.

_____; CELANI, M. G. C. Prototipagem rápida e fabricação digital na Arquitetura: fundamentação e formação. In: KOWALTOWSKI, Doris C. C. K. et al. **O processo de projeto em arquitetura**: da teoria à tecnologia. São Paulo: Oficina de Textos, 2011. p. 470-485.

ROWELL, J.; UNGAR, S., The world of touch: an international survey of tactile maps. Part 1: production. **British Journal of Visual Impairment**, 21(3), pp98-104, 2003.

_____; _____. Feeling our way: tactile map user requirements: a survey. In: INTERNATIONAL CARTOGRAPHIC CONFERENCE, 22, 2005, La Coruna. **Proceedings...** La Coruna, 2005.

SCHIFF, W. **Manual for the construction of raised line diagrams**. New York: Recording for the blind. 1966.

_____, W. **Using raised line drawings as tactual supplements to recorded books for the blind**. Recordings for the Blind, final Report, Project N. RD1571-S. Washington, DC: Vocational Rehabilitation Administration. 1967.

STRATASYS. **3D printed “exoskeleton” lets a little girl lift her arms and play**. Stratays Inc. [2012?]. *online*. son., color. (3 min.) Disponível em: <<http://www.stratays.com/Resources/Case-Studies/Medical-FDM-Technology-Case-Studies/Nemours.aspx>>. Acesso em: 25 set. 2012.

STRATASYS. **The power of polyjet 3D printing in 73 seconds**. Stratays Inc. [2015]. *online*. son., color. (1,12 min.) Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=ZjXh1RJfA34>>. Acesso em: 05 ago. 2016.

THOMPSON, L.; CHRONICLE, E. Beyond visual conventions: Rethinking the design of tactile diagrams. **British Journal of Visual Impairment**. 24(2), pp76-82, 2006.

VOIGT, A.; MARTENS, B. Development of 3D tactile models for the partially sighted to facilitate spatial orientation. In: eCAADe, 24, 2006, Volos. **Conference Proceedings...** Volos, Greece, 2006. p. 366-370

WIDEL, Joseph W.; GROVES, Paul A. **Tactual mapping: design, reproduction, reading and interpretation**. Final Report n. RD-2557-S. Washington, DC: U.S. Department of Health, Education and Welfare, 1969.

APÊNDICE A - Termo de consentimento livre e esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

PESQUISA: PARÂMETROS PARA FABRICAÇÃO DE MAPAS TÁTEIS ARQUITETÔNICOS

Meu nome é Gabriel Moraes de Bem, sou aluno de mestrado na Universidade Federal de Santa Catarina, respondo como **PESQUISADOR PRINCIPAL** nesse trabalho. A professora Regiane Trevisan Pupo, orientadora, responde como **PESQUISADOR RESPONSÁVEL**. Saiba que esse documento está sendo lido por um responsável, indicado por você.

Estamos desenvolvendo uma pesquisa cujo **OBJETIVO** é definir parâmetros para fabricação de mapas táteis arquitetônicos, para que usuários com deficiência visual tenham acesso a um mapa adequado e que lhes proporcione melhores condições de deslocamento dentro da edificação.

Dentre as informações que desejamos obter com a sua ajuda temos: qual a importância da utilização do mapa tátil, quais experiências você já teve com esse tipo de dispositivo de auxílio à mobilidade e demais questionamentos relacionados. Após um vasto estudo, serão elaborados protótipos para sua análise e avaliação de aspectos como legibilidade e detectabilidade das informações táteis mediante a leitura, para que então sejam definidos os parâmetros ideais de fabricação dos mapas táteis arquitetônicos.

O **MÉTODO** que será empregado para colher informações será de entrevista e avaliações individuais.

Durante a realização das atividades, você estará sujeito a **RISCOS** que se assemelham aos do cotidiano, uma vez que serão atividades de leitura tátil de braile, linhas, símbolos e texturas.

O registro das informações será feito por fotos, gravações e entrevistas escritas. Asseguro aqui que você terá total **SIGILO** e **PRIVACIDADE** da sua identidade, seja na substituição por nome fictício ou inserção de tarjas ou ainda criação artifícios digitais sobre o rosto nas fotos e ou vídeos de forma que impossibilite a sua identificação.

Espera-se que com essa pesquisa seja possível extrair dados para determinar qual a melhor maneira de representar os elementos em mapas táteis, trazendo como **BENEFÍCIO** para você e para a comunidade acesso a uma ferramenta adequada para leitura e

interpretação, uma vez que os resultados desta pesquisa servirão de subsídios para a produção de mapas táteis que visa tornar o seu caminhar mais seguro e independente dentro de uma edificação. Ressalto aqui que não haverá qualquer tipo de bonificação. Porém assegura-se a **ASSISTÊNCIA** com garantia tanto de ressarcimento de qualquer despesa que você possa ter, quanto de indenização – cobertura material para reparação a dano, decorrente desta pesquisa.

Você tem **LIBERDADE DE PARTICIPAÇÃO**, sendo que suas dúvidas podem ser sanadas antes ou durante a pesquisa. Você pode recusar ou retirar o consentimento, sem penalização, entrando em contato comigo, com o pesquisador responsável ou ainda com o Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina, pelos meios de comunicação a seguir:

Endereço Físico do Pesquisador Principal

Gabriel Moraes de Bem | gabrieldebem@gmail.com | Telefone: (48) 9117-5070.

Rua João Carlos de Souza, nº 340 – Santa Mônica. CEP: 88035-350.

Endereço Físico do Pesquisador Responsável (orientadora)

Regiane Trevisan Pupo | regipupo@gmail.com | Telefone: (48) 9161-2570.

Rodovia Amaro Antônio Edu Vieira, nº 2623, Apartamento 721 – Itacorubi. CEP: 88034-102.

Endereço Físico do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos - CEPESH-UFSC.

Prédio Reitoria II (Edifício Santa Clara).

Rua Desembargador Vitor Lima, nº 222, sala 401 – Trindade – Florianópolis/SC.

CEP: 88.040-400. E-mail: cep.propesq@contato.ufsc.br | Telefone: (+5548) 3721-6094.

O presente projeto tem aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa com Seres Humanos da Universidade Federal de Santa Catarina e atende à Resolução n. 466 CNS/MS e suas complementares. O presente Termo de Consentimento Livre e Esclarecido será impresso em duas vias, assinadas e rubricadas em todas as vias, ficando uma em poder do participante.

Caso esteja de acordo em participar, você deverá rubricar e assinar todas as vias do presente documento.

Declaração de aceite:

Aceito participar da presente pesquisa. Confirmando o recebimento de uma **CÓPIA** deste **TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO**, assinada e rubricada tanto por mim ou por responsável indicado, quanto pelo pesquisador principal. Estou ciente e autorizo a utilização de imagens e gravações desde que preservada a minha identidade. Ainda, me foi dada a oportunidade de esclarecer minhas dúvidas tanto antes quanto durante a pesquisa, podendo retirar o presente consentimento em qualquer etapa da pesquisa sem penalidade alguma.

Assinatura do participante ou responsável
CPF

Assinatura do pesquisador principal
CPF: 056.913.279-76

Florianópolis,

APÊNDICE B – Entrevista semiestruturada

ENTREVISTA USUÁRIOS	Data:	Hora início:	Hora término:	Local:	I.D.:	
	Usuário:				Idade:	Sexo:
	Tipo de deficiência visual:	Vigência	Cão-guia:	Bengala:	Escolaridade:	
	Braille (nenhuma noção fluência):			Tinta em Relevô (nenhuma noção fluência):		
	Leitura de Mapas (nenhuma noção fluência):					
	Instruções de mobilidade (nenhum a muito limitado ou moderado a extensivo):					
	Proficiência em mobilidade (edificações ou bairro e vizinhança imediata ou grandes áreas):					

01 - Como se dá o processo de compras no seu cotidiano (roupas, calçados, acessórios e etc.)? Por quê?

02 - Você já passou pela experiência, depois de cego, de entrar numa loja e sentir a textura dos materiais, cheiro e peso, antes de adquiri-los? Você teria interesse? Por quê?

03 - Você prefere caminhar sozinho ou com uma pessoa lhe ajudando? Prefere um segurança do estabelecimento, um desconhecido ou conhecido? Por quê?

04 - Você conhece ou já ouviu falar em mapas táteis para mobilidade?

05 - Você utiliza ou já utilizou um mapa tátil para mobilidade?

06 - A utilização do mapa foi importante?

07 - Você acredita que um mapa tátil pode lhe ajudar a se deslocar dentro de um estabelecimento, de forma mais segura e independente? Por quê?

08 - Se você tivesse condições de conhecer um shopping, por meio de um mapa tátil, antes de se deslocar até lá, você teria interesse em visitá-lo? Por quê?

09 - Você costuma visitar shoppings? O que você procura nesse ambiente? Por quê?

10 - Seria importante para você visitar um shopping, seja para fazer compras, tomar um café ou até mesmo ir ao cinema? Por quê?

11 - Você saberia dizer de que forma um shopping poderia lhe proporcionar um caminhar seguro e independente?

12 - Você sente-se mais seguro ao perguntar as informações a uma pessoa ou ao buscar informações em um mapa tátil (se for o caso)? Por quê?

13 - Que tipo de informação ambiental influencia no seu deslocamento? (elementos construtivos, mobiliário, tipos de pisos, sons, cheiros, luz).

14 - Descreva de forma decrescente de que forma os sentidos influenciam no seu referencial (tato, olfato, audição e visão).

15 - Qual a importância do piso tátil no seu deslocamento? São eficientes? Por quê?

16 - Como você mede as distâncias percorridas ou a percorrer no seu deslocamento?

17 - Como você identifica a porta do ambiente que deve entrar?

18 - Se você pudesse descrever, qual seria a sensação de buscar as informações por si só e se deslocar com o auxílio de um mapa dentro de um shopping?

APÊNDICE C – Protocolo de busca

PROTOCOLO PARA BUSCA SISTEMÁTICA DA LITERATURA	
QUESTÃO OU PROBLEMA DE PESQUISA	
Quais os estudos e aplicações de mapas táteis para mobilidade e dispositivos a eles associados, especialmente com o emprego da prototipagem rápida/fabricação digital/manufatura aditiva na sua confecção?	
OBJETIVOS	
<u>Geral:</u>	
Identificar aplicações de mapas táteis para mobilidade e dispositivos a eles associados.	
<u>Específicos:</u>	
a) Identificar tecnologias e estudos relacionados a fabricação, uso e implementação de mapas táteis para mobilidade;	
b) Identificar exemplos da aplicação da prototipagem rápida/fabricação digital/manufatura aditiva na confecção de mapas táteis para mobilidade.	
BUSCA NA LITERATURA - SELEÇÃO DOS TÓPICOS	
Tópico 1:	Tópico 2:
tactile map* tactile model* tactile scale model*	additive manufacturing digital fabrication rapid prototyping
FONTES DE INFORMAÇÃO	
Fontes de informação eletrônica.	
<u>Tipo de fonte</u>	<u>Nome</u>
Base de dados	Academic Search Complete – EBSCO
Base de dados	Biblioteca digital brasileira de teses e dissertações (BDTD)
Base de dados	Banco de Teses – CAPES
Base de dados	Civil Engineering Abstracts (CSA/ASCE ProQuest)
Base de dados	Compendex – Engineering Village
Índice de publicações	Cumulative Index of Computer Aided Architectural Design (CUMINCAD)
Banco de dados	DEDALUS (Universidade de São Paulo)
Base de dados de patentes	Derwent Innovations Index(DII) - Thomson Reuters
Base de dados	Dissertations and Theses - ProQuest
Base de dados	DSpace@MIT - <i>Massachusetts Institute of Technology</i>
Base de dados	Japan Science and Technology Information Aggregathor

	Eletronic (J-Stage)	
Base de dados	Sage Journals Online (SAGE)	
Base de dados	Science Direct	
Base de dados	Scopus	
Base de dados	Web of Science	
Base de dados	Wiley Online Library	
3 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO/EXCLUSÃO		
tipo de documento	artigos de periódicos revisados pelos pares, teses e dissertações, conferências, monografias, anais de congressos, capítulos de livros, material de referência e patentes.	Incluir
período de tempo	2004-2014	Incluir
idioma	inglês, português e espanhol	Incluir
ESTRATÉGIA DE BUSCA DE ACORDO COM O RECURSO UTILIZADO		
Academic Search Complete - EBSCO	<p>- Estratégia de busca: AB ("tactile map" OR "tactile model" OR "tactile scale model") AND AB ("additive manufacturing" OR "digital fabrication" OR "rapid prototyping") OR AB ("tactile map" OR "tactile model" OR "tactile scale model")</p> <p>- Campo para busca: resumo.</p> <p>- Tipo de documento: artigos de periódicos.</p>	
BDTD	<p>- Estratégia de busca: resumo: ""maquete* tat*"" #ano_defesa::>2004 #ano_defesa::<2014</p> <p>- Campo para busca: resumo.</p> <p>- Tipo de documento: teses e dissertações.</p>	
Banco de Teses - CAPES	<p>- Estratégia de busca: mapa tátil / maquete tátil / modelo tátil</p> <p>- Campo de busca: resumo.</p> <p>- Tipo de documento: teses e dissertações.</p>	
Civil Engineering Abstracts	<p>- Estratégia de busca: ab((("tactile map" OR "tactile model" OR "tactile scale model") AND ("additive manufacturing" OR "digital fabrication" OR "rapid prototyping")) OR ("tactile map" OR "tactile model" OR "tactile scale model"))</p> <p>- Campo de busca: resumo.</p> <p>- Tipo de documento: artigo de periódicos.</p>	
Compendex - Engineering Village	<p>- Estratégia de busca: (("tactile map*" OR "tactile model*" OR "tactile scale model*") AND ("additive manufacturing" OR "digital fabrication" OR "rapid prototyping")) OR ("tactile map*" OR "tactile model*" OR "tactile scale model*") WN</p>	

	<p>AB</p> <ul style="list-style-type: none"> - Campo de busca: resumo. - Tipo de documento: artigos de periódicos.
CUMINCAD	<ul style="list-style-type: none"> - Estratégia de busca: "tactile model*" "tactile map*" "tactile scale model*" - Campo de busca: Título - Tipo de documento: anais de congressos.
DEDALUS	<ul style="list-style-type: none"> - Estratégia de busca: tactile map OR tactile scale model OR tactile model - Campo de busca: todos os campos - Tipo de documento: todos.
Derwent Innovations Index	<ul style="list-style-type: none"> - Estratégia de busca: Tópico: ("tactile map") OR Tópico: ("tactile model") OR Tópico: ("tactile scale model") - Campo de busca: Tópico - Tipo de documento: Patente
Dissertations and Theses - ProQuest	<ul style="list-style-type: none"> - Estratégia de busca: ab(("tactile map" OR "tactile model" OR "tactile scale model") AND ("additive manufacturing" OR "digital fabrication" OR "rapid prototyping")) OR ab(("tactile map" OR "tactile model" OR "tactile scale model")) - Campo de busca: resumo. - Tipo de documento: teses e dissertações
DSpace@MIT	<ul style="list-style-type: none"> - Estratégia de busca: "tactile map" OR "tactile model" OR "tactile scale model" - Campo de busca: Abstract - Tipo de documento: All
Japan Science and Technology Information	<ul style="list-style-type: none"> - Estratégia de busca: Abstract: "tactile map*" OR Abstract: "tactile model*" OR Abstract: "tactile scale model*" - Campo de busca: resumo. - Tipo de documento: artigos de periódicos.
Sage Journals Online	<ul style="list-style-type: none"> - Estratégia de busca: tactile map* or tactile model* in Abstract or tactile scale model* in Abstract or additive manufacturing and tactile map* in Abstract or additive manufacturing and tactile model* in Abstract or additive manufacturing and tactile scale model* in Abstract or digital fabrication and tactile map* in Abstract or digital fabrication and tactile model* in Abstract or digital fabrication and tactile scale model* in Abstract or rapid prototyping and tactile map* in Abstract or rapid prototyping and tactile model* in Abstract or rapid prototyping and tactile scale

	<p>model* in Abstract</p> <p>- Campo de busca: resumo.</p> <p>- Tipo de documento: artigos de periódicos.</p>
Science Direct	<p>- Estratégia de busca: TITLE-ABSTR-KEY("tactile map" OR "tactile model" OR "tactile scale model" AND "additive manufacturing" OR "digital fabrication" OR "rapid prototyping") or TITLE-ABSTR-KEY("tactile map" OR "tactile model" OR "tactile scale model").</p> <p>- Campo de busca: resumo, título, palavras chave.</p> <p>- Tipo de documento: artigos de periódicos e livros.</p>
Scopus	<p>- Estratégia de busca: TITLE-ABS-KEY (("tactile map" OR "tactile model" OR "tactile scale model") AND ("additive manufacturing" OR "digital fabrication" OR "rapid prototyping")) OR TITLE-ABS-KEY (("tactile map" OR "tactile model" OR "tactile scale model")) AND PUBYEAR > 2003</p> <p>- Campo de busca: resumo, título, palavras chave.</p> <p>- Tipo de documento: livros, anais de congressos e artigos de periódicos.</p>
Web of Science	<p>- Estratégia de busca: Tópico: (("tactile map" OR "tactile model" OR "tactile scale model") AND ("additive manufacturing" OR "digital fabrication" OR "rapid prototyping")) OR Tópico: (("tactile map" OR "tactile model" OR "tactile scale model"))</p> <p>Tempo estipulado: 2004-2014.</p> <p>- Campo de busca: Tópico</p> <p>- Tipo de documento: anais de congressos e artigos de periódicos.</p>
Wiley Online Library	<p>- Estratégia de busca: (("tactile map") em Any Field) or (("tactile model") em Any Field) or (("tactile scale model") em Any Field).</p> <p>- Campo de busca: todos os campos.</p> <p>- Tipo de documento: artigo de periódicos e livros.</p>

APÊNDICE D – Protocolo de Avaliação do Protótipo

Dados Pessoais	Avaliação do Protótipo	<input type="text" value="ID"/>
	Data /	<input type="text"/>
Sexo <input type="checkbox"/> Masculino <input type="checkbox"/> Feminino	Data de Nascimento / /	Escolaridade
		Profissão

Condição de Visão

Visão parcial

- fotofobia - ofuscamento
 só vê com muita luz
 distingue vultos
 enxerga cores
 enxerga contraste (claro/escuro)
 enxerga preto/branco
 visão em túnel
 visão periférica

- possui memória visual
 não possui memória visual

há quanto tempo tem a deficiência? _____

Cego

- possui memória visual
 não possui memória visual

há quanto tempo tem a deficiência? _____

Tipo de deficiência

Causas congênitas

Causas adquiridas

Que tipo? _____

Outras Deficiências

Problema auditivo

Perda de tato

Problemas motores

Outros (problemas de orientação / emocionais)

Leitura

Tinta

- noção
 fluência

Tinta em Relevô

- noção
 fluência

Leitura em Braille

- noção
 fluência

Mapas Táteis

- noção
 fluência

Instruções de Mobilidade

Nenhuma à Muito limitado

Moderado à Extensivo

Orientação

Conseguir se locomover sozinho na rua

Possui cão-guia

Utiliza bengala

Tatilidade

explora com bengala

explora com os pés

Audição

- som dos materiais distingue bem
 tem dificuldade

- som ambiente distingue bem
 tem dificuldade

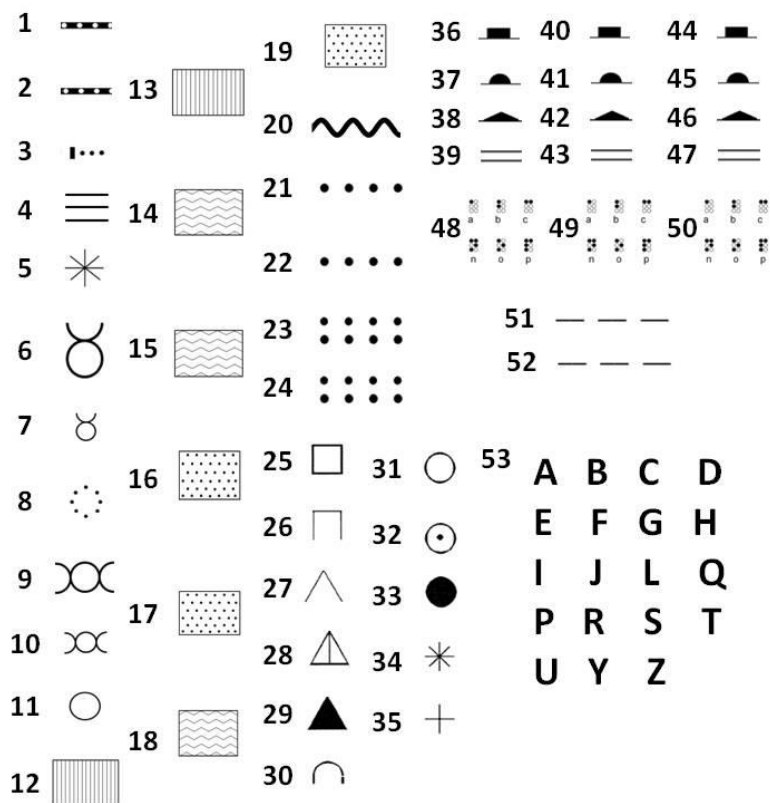
reconhece pessoas pela voz

Olfato

reconhece ambientes

Formas de orientação em ambientes internos

AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO



AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO

ID

Linha de Uso – limite perigoso: 1 e 2

Qual a melhor opção?		Sugestão	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
Detectabilidade	Espessura	Elevação	
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	

Símbolos de uso – escada fixa: 3 e 4

Qual a melhor opção?		Sugestão	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
Desenho	Detectabilidade	Elevação	
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	
Dimensões	Intuitividade		
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo		

Símbolos de uso – sanitário masculino: 5, 6 e 7

Qual a melhor opção?		Sugestão	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
Desenho	Detectabilidade	Elevação	
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	
Dimensões	Intuitividade		
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo		

Símbolos de uso sanitário feminino: 8, 9 e 10

Qual a melhor opção?		Sugestão	
<input type="text"/>		<input type="text"/>	
Desenho	Detectabilidade	Elevação	
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	
Dimensões	Intuitividade		
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo		

AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO

ID

Símbolos de uso – sanitário acessível: 11

Qual a melhor opção?	Sugestão
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Desenho <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	Detectabilidade <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo
Dimensões <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	Elevação <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo
	Intuitividade <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo

Texturas Caneladas: 12 e 13

Qual a melhor opção?	Sugestão
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sensação ao toque <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	Detectabilidade <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo
	Elevação <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo

Texturas em Zigue-Zague: 14, 15 e 18

Qual a melhor opção?	Sugestão
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sensação ao toque <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	Detectabilidade <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo
	Elevação <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo

Texturas Pontilhadas: 16 e 19

Qual a melhor opção?	Sugestão
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sensação ao toque <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	Detectabilidade <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo
	Elevação <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo

AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO

ID

Linha ondulada: 20

Qual a melhor opção?	Sugestão
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Detectabilidade	Espessura
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo
	Elevação
	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo

Linhas simples pontilhadas: 21 e 22

Qual a melhor opção?	Sugestão
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Detectabilidade	Espessura
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo
	Elevação
	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo

Linhas duplas pontilhadas: 23 e 24

Qual a melhor opção?	Sugestão
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Detectabilidade	Espessura
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo
	Elevação
	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo

Símbolos pontuais quadrados: 25 e 26

Qual a melhor opção?	Sugestão
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Desenho	Detectabilidade
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo
	Elevação
	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo
Dimensões	Intuitividade
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo

AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO

ID

Símbolos pontuais triangulares: 27, 28 e 29

Qual a melhor opção?	Sugestão	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Desenho	Detectabilidade	Elevação
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo
Dimensões	Intuitividade	
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	

Símbolos pontuais circulares: 30, 31, 32 e 33

Qual a melhor opção?	Sugestão	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Desenho	Detectabilidade	Elevação
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo
Dimensões	Intuitividade	
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	

Símbolos pontuais cruciformes: 34 e 35

Qual a melhor opção?	Sugestão	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Desenho	Detectabilidade	Elevação
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo
Dimensões	Intuitividade	
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	

Linhas lisas - formatação: 36, 37, 38, 40, 41, 42, 44, 45 e 46

Qual a melhor opção?	Sugestão	
<input type="text"/>	<input type="text"/>	
Formato em corte	Detectabilidade	Elevação
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo
Espessura		
<input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo		

AVALIAÇÃO DO PROTÓTIPO

ID

Linhas lisas duplas: 39, 43 e 47

Qual a melhor opção?	Sugestão
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Detectabilidade <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	Espessura <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo
Elevação <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	

Braille: 48, 49 e 50

Qual a melhor opção?	Sugestão
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Sensação ao toque <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	Legibilidade <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo
Elevação <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	
Dimensões <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	

Linhas tracejadas: 51 e 52

Qual a melhor opção?	Sugestão
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Detectabilidade <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	Espessura <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo
Elevação <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	

Letras em relevo: A, B, C, D, E, F, G, H, I, J, L, Q, P, R, S, T, U, Y, Z

Qual a melhor opção?	Sugestão
<input type="text"/>	<input type="text"/>
Desenho <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	Detectabilidade <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo
Elevação <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	
Espessura <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	Intuitividade <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo

Material

Sensação ao Toque <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	Leveza do Material <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo	Resistência <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo
Legibilidade <input type="checkbox"/> Ruim <input type="checkbox"/> Bom <input type="checkbox"/> Ótimo		

ANEXO A – Item 5.11 Planos e Mapas Táteis – NBR 9050:2004

ABNT NBR 9050:2004

5.8 Língua brasileira de sinais – Libras

O local determinado para posicionamento do intérprete de Libras deve ser identificado com o símbolo internacional de pessoas com deficiência auditiva (surdez), visando orientar os espectadores. Deve ser garantido um foco de luz posicionado de forma a iluminar o intérprete de sinais, desde a cabeça até os joelhos. Este foco não deve projetar sombra no plano atrás do intérprete de sinais.

5.9 Sinalização vertical

5.9.1 Sinalização visual

A sinalização visual vertical deve atender aos requisitos de espaçamento, proporção e altura do texto, acabamento e contraste, conforme 5.6. A altura da sinalização visual deve estar em conformidade com os alcances e cones visuais estabelecidos em 4.7.2. A sinalização visual em áreas de circulação, quando suspensa, deve ser instalada a uma altura livre mínima de 2,10 m do piso.

5.9.2 Sinalização tátil

A sinalização tátil vertical deve atender aos requisitos de espaçamento, proporção e altura do texto, acabamento e contraste, conforme 5.6. Os símbolos em relevo devem ser instalados entre 1,40 m e 1,60 m do piso. A sinalização vertical em Braille ou texto em relevo deve ser instalada de maneira que a parte inferior da cela Braille ou do símbolo ou do texto esteja a uma altura entre 0,90 m e 1,10 m do piso. A sinalização vertical deve ter a respectiva correspondência com o piso tátil.

5.10 Sinalização de portas

Nas portas deve haver informação visual (número da sala, função etc.) ocupando área entre 1,40 m e 1,60 m do piso, localizada no centro da porta ou na parede adjacente, ocupando área a uma distância do batente entre 15 cm e 45 cm. A sinalização tátil (em Braille ou texto em relevo) deve ser instalada nos batentes ou vedo adjacente (parede, divisória ou painel), no lado onde estiver a maçaneta, a uma altura entre 0,90 m e 1,10 m, conforme figura 55.

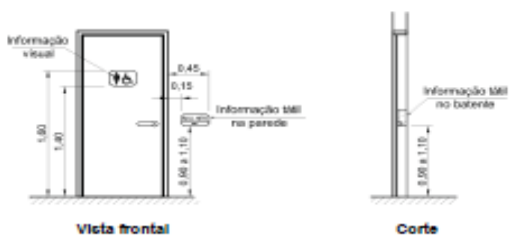


Figura 55 — Sinalização visual e tátil em portas – Exemplos

5.11 Planos e mapas táteis

5.11.1 As superfícies horizontais ou inclinadas (até 15% em relação ao piso) contendo informações em Braille, planos e mapas táteis devem ser instaladas à altura entre 0,90 m e 1,10 m, conforme figura 56.

6.11.2 Os planos e mapas devem possuir um reentrância na sua parte inferior com no mínimo 0,30 m de altura e 0,30 m de profundidade, para permitir a aproximação frontal de uma pessoa em cadeira de rodas.

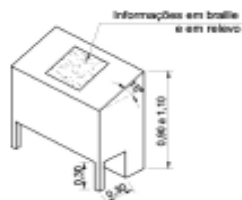


Figura 58— Superfície inclinada contendo informações táteis – Exemplo

5.12 Sinalização tátil de corrimãos

É recomendável que os corrimãos de escadas e rampas sejam sinalizados através de:

- anel com textura contrastante com a superfície do corrimão, instalado 1,00 m antes das extremidades, conforme figura 57;
- sinalização em Braille, informando sobre os pavimentos no início e no final das escadas fixas e rampas, instalada na geratriz superior do prolongamento horizontal do corrimão.

Dimensões em centímetros

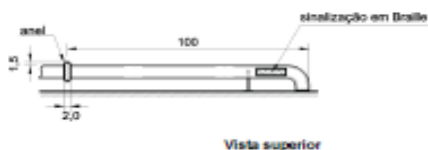


Figura 57 — Sinalização de corrimãos

5.13 Sinalização visual de degraus

Todo degrau ou escada deve ter sinalização visual na borda do piso, em cor contrastante com a do acabamento, medindo entre 0,02 m e 0,03 m de largura. Essa sinalização pode estar restrita à projeção dos corrimãos laterais, com no mínimo 0,20 m de extensão, localizada conforme figura 58.