

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL**

DESENVOLVIMENTO DE SÍMBOLOS PARA MAPA TÁTIL *INDOOR A*
PARTIR DE IMPRESSORA 3D

Niédja Sodré de Araújo

Salvador
2018

UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA POLITÉCNICA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

DESENVOLVIMENTO DE SÍMBOLOS PARA MAPA TÁTIL *INDOOR A*
PARTIR DE IMPRESSORA 3D

Niédja Sodré de Araújo

Dissertação apresentada ao **PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL** como requisito parcial à obtenção do título de MESTRE EM ENGENHARIA CIVIL

Orientador: Profa. Dra. Vivian de Oliveira Fernandes

Coorientador: Prof. Dr. Mauro José Alixandrini Júnior

Agência Financiadora: Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES)

Salvador

2018

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema Universitário de Bibliotecas (SIBI/UFBA), com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Sodré de Araújo, Niédja
DESENVOLVIMENTO DE SÍMBOLOS PARA MAPA TÁTIL INDOOR A PARTIR
DE IMPRESSORA 3D / Niédja Sodré de Araújo. -- Salvador, 2018.
146 f. : il

Orientadora: Vivian de Oliveira Fernandes.
Coorientador: José Mauro Alixandrini Júnior.
Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-graduação em
Engenharia Civil) -- Universidade Federal da Bahia, Escola
Politécnica, 2018.

1. Símbolo Cartográfico Tátil. 2. Impressão 3D. 3.
Deficiência Visual. I. de Oliveira Fernandes, Vivian. II.
Alixandrini Júnior, José Mauro. III. Título.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho às pessoas com deficiência visual que participaram desta pesquisa, em gratidão à empatia e aprendizado desenvolvidos ao conhecê-las.

FORMAÇÃO DO CANDIDATO

Geógrafa, formada pela Universidade Federal da Bahia, UFBA (2015).

Anoitecer

*“Tudo é claro e turvo, É claro e Tudo, É tato e tudo, Eu faço eu. Tudo é quase escuro,
E é claro tudo que eu sinto o mundo do meu ver”...*

Carlinhos Brown e Flávio Morgade.

MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE MESTRADO

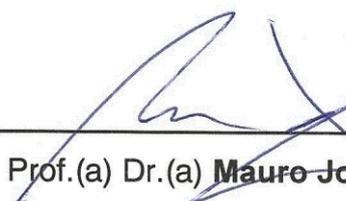
NIÉDJA SODRÉ DE ARAÚJO

APRESENTADA AO MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL, DA
UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA, EM 28 DE FEVEREIRO DE 2018.

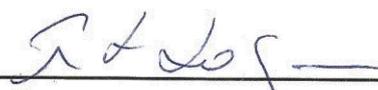
BANCA EXAMINADORA



Prof.(a) Dr.(a) **Vivian de Oliveira Fernandes**
Orientadora
PPEC - UFBA



Prof.(a) Dr.(a) **Mauro José Alixandrini Junior**
Coorientador
PPEC - UFBA



Prof.(o) Dr.(a) **Ruth Emilia Nogueira**
PPGG - UFSC



Prof.(a) Dr.(a) **Silvia Camargo Fernandes Miranda**
PPEC - UFBA

AGRADECIMENTO

O sentimento de gratidão é oferecido a todos que apoiaram a realização desta pesquisa. Agradeço a Universidade Federal da Bahia pelo crescimento acadêmico, social e pela oportunidade de construir novas amizades. Neste contexto, agradeço aos professores do mestrado por contribuírem para a minha formação, em especial à professora Vivian e ao professor Mauro por me orientarem com atenção, profissionalismo, leveza e por me apoiarem a realizar objetivos desafiadores, valorizando minhas potencialidades. Devo a eles a proposta inicial desta pesquisa inclusiva e tecnológica. Agradeço à Pró-Reitoria de Ensino de Pós-Graduação (PROPG) pelo apoio financeiro para viabilizar minha participação em eventos acadêmicos; às secretárias, Caroline e Daniele, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Civil (PPEC) e aos secretários Raissa e Leandro do Departamento de Transporte e Geodésia (DETGEO) da Escola Politécnica pela disponibilidade por sempre resolverem burocracias acadêmicas com entusiasmo e eficiência. Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento desta pesquisa, ao Núcleo de Apoio à Inclusão do Aluno com Necessidades Educacionais Especiais (NAPE) por ter cedido espaço no próprio NAPE para realização dos testes e por ter intermediado o contato com pessoas cegas vinculadas à UFBA para contribuírem como avaliadores. Agradeço ao Espaço Aberto de Criação e Inovação (IHACLab-i) da UFBA por disponibilizar a impressora 3D para os experimentos, em especial aos pesquisadores Camila e Jorge por me orientarem no processo de configuração dos parâmetros de impressão e manipulação de material, sempre atenciosos, acessíveis e entusiasmados e por terem compartilhando comigo experiências imprescindíveis sobre os experimentos. Agradeço ao Instituto de Cegos da Bahia (ICB), principalmente à Diretora Pedagógica Laura Lidice pelo apoio, por oportunizar a realização dos testes cognoscíveis no próprio instituto e aos servidores cegos vinculados ao ICB pela disponibilidade em participarem desta pesquisa como avaliadores. Agradeço aos membros da banca do meu projeto de mestrado, professora Elaine e professor Júlio, e da banca de qualificação de mestrado, professora Dária e professora Patrícia, incluindo o parecer do professor Gabriel de Bem que somaram críticas e considerações importantes para qualificar este trabalho. Agradeço às professoras Sílvia e Emília Ruth por participarem desta banca de defesa de mestrado como avaliadoras, aceitando o convite com alegria e interesse pelo tema. Agradeço aos colegas do grupo de pesquisa Análise e Representação de Dados Espaciais pela companhia e compartilhamento de conhecimento, em especial a Danielle, pesquisadora de iniciação científica, por me auxiliar em diversas atividades práticas realizadas neste estudo. Agradeço à Inês pelo carinho e acolhimento que me proporcionaram realizar esta pesquisa da mais elevada maneira. Agradeço aos amigos e à minha família, em especial aos meus pais, Edivaldo e Márcia, e meus irmãos, Érika e Maurício, pela vibração de amor e confiança para a realização dos meus sonhos. Gratidão ao universo por todas as experiências que me oportunizaram expandir minha consciência e desenvolver habilidades que eu desconhecia, tornando-me a cada dia mestre de mim.

RESUMO

A cartografia tátil confere a uma área da cartografia dedicada à elaboração de mapas para pessoas com deficiência visual e tem o objetivo de viabilizar a comunicação háptica de informações espaciais. Dentre diversas aplicações, a cartografia tátil pode ser utilizada para sinalização de ambientes internos de uma edificação (*indoor*), por exemplo, edifícios públicos ou privados, assim como de ambientes externos (*outdoor*), a citar, parques e campus universitário, contribuindo para melhorar a mobilidade de pessoas com deficiência visual. Diferentes técnicas têm sido utilizadas para fabricação de mapas táteis: artesanal, gráficos em relevo, papel microcapsulado, termoformagem e tecnologias de impressão em três dimensões (3D). Deste modo, o objetivo geral desta pesquisa é desenvolver símbolos cartográficos para mapas táteis de ambiente *indoor* a partir de parâmetros de impressão inferidos durante a pesquisa com tecnologia de impressão 3D. Para tanto, foram propostos símbolos com formas geométricas associadas ao significado do elemento espacial representado cartograficamente, visando facilitar a interpretação das informações por pessoas cegas e dimensionar parâmetros de impressão que possibilitem a reprodução dos símbolos tridimensionais para mapas táteis. Preliminarmente, elaborou-se um mapa artesanal dos campi Ondina/Federação da Universidade Federal da Bahia (UFBA) para experienciar a cartografia tátil na representação de um espaço universitário; definiu-se como área de estudo o pavilhão de aulas Glauber Rocha (PAF III) da UFBA; e, projetaram-se os modelos 3D digitais do mapa e da legenda do piso térreo do PAF III no *software Google Sketchup 8*, referente a um programa de projeto auxiliado por computador – *Computer Aided Design (CAD)*. Em seguida, realizou-se a impressão dos modelos digitais utilizando como material experimental a Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS). Realizaram-se testes experimentais de impressão com o ABS, utilizando diferentes configurações, visando definir parâmetros técnicos mais adequados para obtenção de formas geométricas distintas e aderentes, a partir do modelo da impressora utilizada. Aplicou-se nesta pesquisa o método experimental, deste modo, os objetos de estudo são os símbolos cartográficos táteis e as variáveis são as formas geométricas e os parâmetros dimensionais dos mesmos. Após impressão do mapa e da legenda em Braille avaliaram-se a cognição dos símbolos táteis e a capacidade de sinalização cartográfica a partir da participação de voluntários cegos vinculados à UFBA e ao Instituto de Cegos da Bahia (ICB) e foram identificados parâmetros de impressão adequados para elaboração de mapas táteis com impressora 3D pelo método de fusão de polímero.

Palavras-chave: Símbolo Cartográfico Tátil. Impressão 3D. Deficiência visual.

DEVELOPMENT OF SYMBOLS FOR INDOOR TACTILE MAP FROM 3D PRINTER

ABSTRACT

The tactile cartography is an area of the cartography dedicated to the elaboration of maps for people with visual impairment with the objective to communicate spatial information by haptic system. Many applications are possible in the tactile cartography, for example, mapping indoor of public buildings or private buildings, as well as outdoors, to name a few, parks and university campus, contributing to improve the mobility of visually impaired people. Different techniques have been used to make tactile maps: handmade, embossed graphics, microcapsulated paper, thermoforming and three dimensional (3D) printing technologies. In this way, the general objective of this research is to develop cartographic symbols with the parameters of impression for tactile maps of indoor environment using technology of 3D printing. That way, symbols with geometric forms associated with the meaning of the spatial element represented cartographically were proposed to facilitate the interpretation of the information by blind people and were proposed printing parameters that allow the reproduction of the three-dimensional symbols for tactile maps. Preliminarily, a handmade map of the UFBA only in the Ondina and Federação university campus was developed to experience tactile cartography in the representation of a university space; the Glauber Rocha class building (PAF III) of UFBA was defined as the study area; and were designed models 3D of play ground and legend of the PAF III using the Google Sketchup 8 software, a computer aided design program (CAD). Posteriorly, the digital models were printed using Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS) as an experimental material. Experimental tests with ABS were realized with different configurations, objectifying to define technical parameters more suitable to obtain different geometric shapes and adherents, from the model of the printer used. The experimental method was applied in this research, in this way, the objects of study are the tactile cartographic symbols and the variables are the geometric forms and the dimensional parameters of the same ones. The map and Braille legend were printed and the cognition of the tactile symbols and the capacity of cartographic signaling were evaluated from the participation of blind volunteers bound the UFBA and the ICB, and appropriate printing parameters were identified for the elaboration of tactile maps with 3D printer by the method of fusion of polymer.

keywords: Tactile Cartographic Symbol. 3D Printing. Visual Impairment.

SUMÁRIO

	Pág.
BANCA EXAMINADORA	vi
AGRADECIMENTO	vii
RESUMO	viii
ABSTRACT	ix
SUMÁRIO	x
ÍNDICE DE TABELAS	xii
ÍNDICE DE QUADROS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiv
INDICE DE FOTOGRAFIAS	xv
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE MAPAS	xix
ÍNDICE DE MAQUETE	xx
ABREVIATURAS.....	xxi
1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Breve Histórico da Inclusão das Pessoas com Deficiência Visual	7
1.2 Delimitação do Tema.....	10
2 PROBLEMAS DE PESQUISA	13
2.1 Problema Geral.....	13
2.2 Problemas Específicos	13
3 HIPÓTESE DE PESQUISA	14
4 OBJETIVOS	15
4.1 Objetivo Geral.....	15
4.1.1 Objetivos Específicos	15
5 JUSTIFICATIVA.....	16
6 REVISÃO TEÓRICA	21
6.1 Cartografia Tátil.....	23
6.1.1 Convenções Cartográficas	29
6.2 Prototipagem Rápida	33

6.3 Informação e sinalização para acessibilidade a edificações – ABNT NBR 9050 (2015)	36
6.3.1 <i>Linguagem</i>	38
6.3.2 <i>Braille</i>	41
6.3.3 <i>Planos e mapas acessíveis</i>	42
7 MATERIAIS E MÉTODO	44
7.1 Mapa tátil artesanal da Universidade Federal da Bahia	44
7.2 Mapa tátil construído a partir de impressão 3D	47
7.2.1 <i>Planta do piso térreo do PAF III</i>	51
7.2.2 <i>Impressão 3D</i>	52
7.3 Impressora GTMAX 3D	57
7.4 Cognição de símbolos táteis	59
8 RESULTADOS E ANÁLISES	62
8.1 Mapa tátil da UFBA	62
8.2 Parâmetros dimensionais de símbolos cartográficos táteis	65
8.3 Parâmetros de Impressão	69
8.4 Cognição tátil de símbolos cartográficos semânticos	78
8.4.1 <i>Braille</i>	87
8.4.2 <i>Layout do Mapa</i>	90
9 CONSIDERAÇÕES FINAIS	106
10 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS	108
REFERÊNCIAS	109
APÊNDICE I	115
APÊNDICE II	117
APÊNDICE III	123
APÊNDICE IV	125

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 – Percentual de pessoas com algum tipo de deficiência por grupo de idade	17
Tabela 2 – Quantidade de pessoas com deficiência visual por grande região	18
Tabela 3 – Critérios de elevação para impressão	32
Tabela 4 – Aplicação da diferença do LRV na sinalização – Δ LRV	39
Tabela 5 – Crominância	41
Tabela 6 – Dimensões do arranjo geométrico	42
Tabela 7 – Parâmetros tridimensionais de símbolos cartográficos táteis lineares	66
Tabela 8 – Parâmetros tridimensionais de símbolos cartográficos táteis pontuais	67
Tabela 9 – Relação entre intervalo de tempo para detectabilidade do símbolo no mapa	93

ÍNDICE DE QUADROS

Quadro 1 – Categorias de análise dos símbolos táteis	61
Quadro 2 – Categorias de análise do mapa tátil	61
Quadro 3 – Perfil dos avaliadores do mapa tátil.....	80
Quadro 4 – Relação cognoscível entre intuitividade e desenho dos símbolos	85
Quadro 5 – Avaliação comparativa entre as médias de desenho dos símbolos	87
Quadro 6 – Símbolos com desenho e detectabilidade avaliados como regular ou bom	95
Quadro 7 – Informações novas obtidas pelos avaliadores por meio do mapa tátil e sugestões de rota para decisão de um deslocamento	98
Quadro 8 – Críticas e sugestões dos avaliadores sobre os símbolos táteis ..	100

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Tempo utilizado para concluir a localização dos símbolos no mapa tátil	82
Gráfico 2 – Relação cognoscível entre as médias de intuitividade dos símbolos	84
Gráfico 3 – Relação cognoscível entre as médias de desenho dos símbolos .	86
Gráfico 4 – Média da avaliação de sensação ao toque por símbolo tátil	89
Gráfico 5 – Relação cognoscível entre a média de avaliação dos símbolos....	91
Gráfico 6 – Relação cognoscível entre a média do desenho e da detectabilidade do símbolo no mapa tátil	94

INDICE DE FOTOGRAFIAS

Fotografia 1 – Alunos normovisuais com vendas nos olhos explorando mapas táteis no LabTATE/UFSC.....	4
Fotografia 2 – Ambiente interior do IhaLab-i da UFBA no campus Ondina.....	6
Fotografia 3 – Campanha "Imagina Som" no Instituto de Cegos da Bahia, 2017	81

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 – Mosaico com equipamentos de produção de mapas táteis do labTATE - UFSC	4
Figura 2 – Variáveis gráficas táteis	30
Figura 3 – Impressões 3D a partir de métodos diferentes	32
Figura 4 – Símbolos convencionados internacionalmente	38
Figura 5 – Arranjo geométrico e formato do relevo dos pontos em Braille.....	42
Figura 6 – Superfície inclinada contendo informações.....	43
Figura 7 – Geometria simplificada do Restaurante Universitário do campus Ondina da UFBA.....	45
Figura 8 – Mapa temático e Base Cartográfica Generalizada.....	46
Figura 9 – Fluxograma da pesquisa.....	50
Figura 10 – Planta do piso térreo do PAF III da UFBA.....	51
Figura 11 – Croqui do piso térreo do PAF III da UFBA	52
Figura 12 – Projeto do mapa tátil do piso térreo do PAF III da UFBA.....	54
Figura 13 – Projeto da legenda do mapa tátil do piso térreo do PAF III da UFBA	56
Figura 14 – Impressora GTMAX 3D.....	58
Figura 15 – Representação de alguns problemas relacionados à acessibilidade no Campus Ondina da UFBA.....	62
Figura 16 – Mosaico apresentando estudantes com deficiência durante avaliação do mapa tátil dos campi Ondina e Federação da UFBA	63
Figura 17 – Símbolos universais para feminino e masculino	68
Figura 18 – Impressão de mapa tátil 3D do piso térreo do PAF III da UFBA ...	69

Figura 19 – Primeira Impressão 3D de legenda tátil do piso térreo do PAF III da UFBA	70
Figura 20 – Excesso de material entre pontos Braille na legenda tátil do piso térreo do PAF III da UFBA	71
Figura 21 – Cilindros com pouco excesso de material entre elementos de circulação vertical na legenda tátil do piso térreo do PAF III da UFBA	71
Figura 22 – Segunda impressão 3D da legenda tátil	73
Figura 23 – Impressão final da legenda tátil do piso térreo do PAF III da UFBA	74
Figura 24 – Símbolos com contorno descolado após avaliações táteis	75
Figura 25 – Símbolos com contorno reparado com cola instantânea	76
Figura 26 – Exemplo de bolhas de ar agregadas na estrutura da impressão 3D e espaço linear vazio pela descontinuidade de linhas de preenchimento sólido	77
Figura 27 – Localização da mesa de impressão dentro do gabinete da impressora 3D.....	78
Figura 28 – Mosaico com alguns avaliadores realizando teste de cognição do mapa tátil do piso térreo do PAF III da UFBA	79
Figura 29 – Objeto 3D de uma coruja em ABS antes e após o contato com o vapor de acetona pura	89
Figura 30 – Indicação do espaçamento entre os elevadores e as paredes dos sanitários no mapa tátil do piso térreo do PAF III da UFBA	101

Figura 31 – Indicação do pingo da letra "i" na parte superior da figura e na parte inferior a indicação do cilindro que integra a escada no mapa tátil do piso térreo do PAF III da UFBA.....	102
Figura 32 – Indicação do espaçamento vazio que deveria incluir o símbolo de porta no mapa tátil do piso térreo do PAF III da UFBA	103
Figura 33 – Indicação das diferentes orientações da rampa no mapa e na legenda do mapa tátil do piso térreo do PAF III da UFBA.....	104

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1 – Indicação do PAF III na área dos campi Ondina e Federação da UFBA, Salvador - BA	11
Mapa 2 – Campus tátil artesanal e sonoro da Universidade Estadual Paulista (UNESP)	24
Mapa 3 – Aeroporto Internacional Tom Jobim - RJ, produzido tipo gráfico com material acrílico	25
Mapa 4 – Divisão Política do Brasil em Relevo.....	25
Mapa 5 – Rodoviária de Florianópolis - SC.....	26
Mapa 6 – Campi Ondina e Federação da UFBA em material tátil artesanal	63

ÍNDICE DE MAQUETE

Maquete 1 – Laboratório de Acessibilidade da Biblioteca Central da UNICAMP em relevo	27
---	----

ABREVIATURAS

ABS	ACRILONITRILA BUTADIENO ESTIRENO
CAD	<i>COMPUTER AIDED DESIGN</i>
FDM	<i>FUSED DEPOSITION MODELING</i>
IBGE	INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA
ICB	INSTITUTO DE CEGOS DA BAHIA
IHAClab-i	ESPAÇO ABERTO DE CRIAÇÃO E INOVAÇÃO
LabTATE	LABORATÓRIO DE CARTOGRAFIA TÁTIL E ESCOLAR
NAPE	NÚCLEO DE APOIO À INCLUSÃO DO ALUNO COM NECESSIDADES EDUCACIONAIS ESPECIAIS
PAF III	PAVILHÃO DE AULAS GLAUBER ROCHA
SIG	SISTEMA DE INFORMAÇÃO GEOGRÁFICA
SUMAI	SUPERINTENDÊNCIA DE MEIO AMBIENTE E INFRAESTRUTURA
UFBA	UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA

1 INTRODUÇÃO

No Brasil, a produção dos materiais táteis passou a ter destaque na comunicação a partir da implementação da Lei de Acessibilidade (Lei 10.098/2000) que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida, mediante a supressão de barreiras e de obstáculos nas vias e espaços públicos, no mobiliário urbano, na construção e reforma de edifícios e nos meios de transporte e de comunicação (BRASIL, 2000).

Outra Lei importante refere-se à Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Lei nº 13.146) ou Estatuto da Pessoa com Deficiência, destinada a assegurar e a promover, em condições de igualdade, o exercício dos direitos e das liberdades fundamentais por pessoa com deficiência para a sua inclusão social e sua cidadania (BRASIL, 2015). Esta lei reforça a necessidade do desenvolvimento de materiais didáticos táteis para o ensino e mobilidade, visando a inclusão das pessoas com deficiência visual.

Atualmente as universidades públicas brasileiras estão se adaptando para incluir pessoas com diferentes deficiências no ambiente acadêmico, principalmente, impulsionadas pelas novas políticas públicas de inclusão. A lei nº 13.409, de 28 de dezembro de 2016, alterou a Lei no 12.711, de 29 de agosto de 2012, para dispor sobre a reserva de vagas para pessoas com deficiência nos cursos técnico de nível médio e superior das instituições federais de ensino (BRASIL, 2016).

Os materiais táteis apresentam informações em relevo que possam ser compreendidas por meio do tato, presente no sistema háptico humano que “está relacionado com a percepção de textura, movimento e forças através da coordenação de esforços dos receptores do tato, visão, audição e propriocepção” (LabTATE, 2010).

As técnicas de fabricação tridimensional transformam modelos digitais em objetos físicos em três dimensões (3D), com elevação (z) e largura (x) e profundidade (y) projetadas em ambientes computacionais, destacando-se

neste contexto a prototipagem rápida (*rapid prototyping*) realizada por meio de impressora 3D.

A prototipagem rápida está associada aos métodos de produção de protótipos por sistema aditivo automatizado economizando-se tempo durante o processo de fabricação, por isso, recebe o adjetivo “rápida” (BUSWELL et. al., 2007). Assim, é possível reproduzir objetos físicos de modo idêntico ou criar novos objetos a partir da modelagem digital auxiliada por computador.

As pesquisas sobre fabricação tridimensional iniciaram no século XVIII na Inglaterra onde “a complexidade de industrialização de diversos produtos com alta demanda, direcionou o desenvolvimento de diversas inovações tecnológicas” (SCHODEK *apud* CELANI, PUPO 2008, p. 37).

O elevado custo dos equipamentos, softwares e o reduzido número de pessoas capacitadas para operar os equipamentos e para desenvolver projetos tridimensionais em computador, tornavam a prototipagem rápida pouco acessível até o final do século XX.

Com o avanço tecnológico e popularização das impressoras 3D, fresas, máquinas de corte e disponibilidade de softwares gratuitos, tornou-se possível a ampliação de pesquisas sobre fabricação de objetos em três dimensões.

A utilização da prototipagem rápida ocorre em diversas áreas, por exemplo, na indústria aeroespacial e automotiva, na arquitetura, engenharia civil, medicina, robótica, eletrônica e, dentre outras, na cartografia tátil.

De acordo com Celani e Pupo (2008) o Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade Federal de Santa Catarina, criado em 1993, foi pioneiro no Brasil nos estudos sobre fabricação tridimensional, por iniciativa de pesquisadores do Laboratório de Projeto e Fabricação de Componentes de Plástico Injetado (CIMJECT).

Em 1996 foi criado o Núcleo de Manufatura Avançada (NUMA) vinculado ao Departamento de Engenharia de Produção da Escola de Engenharia de São Carlos, na Universidade de São Paulo (USP), utilizando métodos aditivos e subtrativos.

Dentre outras universidades que realizam pesquisa sobre fabricação digital, destaca-se a Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo

(FEC) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP) com a criação do Laboratório de Prototipagem e Automação para Arquitetura e Construção (LAPAC) no ano de 2007. Este conta com diferentes impressoras 3D, cortadora a laser e fresa de controle numérico de grande formato com dimensões de 1,80 x 2,80m capaz de gerar protótipos de elementos construtivos em escala 1:1.

A partir da década de 1990 os estudos em ambiente acadêmico sobre fabricação de objetos tridimensionais a partir de modelos digitais e técnicas automatizadas começaram a se popularizar no Brasil.

Na Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), por exemplo, localiza-se o Laboratório de Prototipagem e Novas Tecnologias Orientadas ao 3D (PRONTO3D) com atuação nas cidades de Florianópolis, Chapecó, Criciúma e Lages. Este laboratório faz parte de uma Rede denominada REDE PRONTO3D que atua no Estado de Santa Catarina, direcionado aos cursos de *Design*, Arquitetura, Engenharias e demais áreas, auxiliando pesquisadores nas diferentes etapas do processo de projeto para criação, desenvolvimento e produção de modelos, protótipos, maquetes e produtos em escala real.

É importante destacar que a REDE PRONTO3D é afiliada à REDE FabLab Brasil que está associada à rede internacional FabLab composta por mais de 200 laboratórios em diversos países (PRONTO 3D, 2017).

Desde 2001 o Departamento de Geociências da Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) conta com pesquisadores e estudantes vinculados à área da Cartografia Tátil e Cartografia Escolar. Em 2006 a UFSC implantou o LabTATE, um laboratório com o apoio da Financiadora de Estudos e Projetos (FINEP) e do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) para aquisição de equipamentos e materiais táteis.

No mês de outubro de 2016, realizou-se uma visita ao LabTATE para conhecer os produtos táteis desenvolvidos, suas diferentes técnicas, conhecer alguns equipamentos de impressão de mapas em relevo e textura, por exemplo, máquina de termoformagem (a), de impressão em papel microcapsulado (b) e máquina para impressão de gráficos em relevo (c), como representa a Figura 1 a seguir:

Figura 1 – Mosaico com equipamentos de produção de mapas táteis do labTATE - UFSC



Fonte: Niédja Araújo, 2016.

O LabTATE foi fundado com os propósitos principais de estudar e elaborar padrões cartográficos para mapas táteis no Brasil, assim como realizar oficinas de cartografia tátil para a comunidade acadêmica da UFSC.

Na Fotografia 1 estão os estudantes de graduação em química da UFCS e uma doutoranda vinculada ao laboratório, durante a realização de uma atividade prática no LabTATE, onde os estudantes exploram os mapas táteis produzidos pelo laboratório.

Fotografia 1 – Alunos normovisuais com vendas nos olhos explorando mapas táteis no LabTATE/UFSC



Fonte: Niédja Araújo, 2016.

A visita a este laboratório foi importante para conhecer diferentes mapas confeccionados com variadas técnicas e para dialogar com pesquisadores da área sobre os avanços que a cartografia tátil ainda precisa realizar. De acordo com depoimento da pesquisadora Tâmara de Castro Regis, doutoranda em Geografia na área de cartografia tátil, os símbolos para mobilidade *indoor* e para representação de equipamentos mobiliários ainda requerem pesquisas para propostas de padronização, como verificado também no levantamento bibliográfico desta pesquisa.

O LabTATE propôs um catálogo de símbolos para mapas táteis artesanais de orientação e mobilidade que podem ser modelados a partir de uma fotocopiadora *thermoform*. Na primeira etapa desse processo realiza-se a generalização cartográfica do mapa com auxílio de um computador e em outra etapa são elaboradas, manualmente, matrizes com colagem de materiais de armarinhos que, posteriormente, são modeladas na fotocopiadora *thermoform*. Os símbolos propostos no catálogo citado foram testados por pessoas com deficiência visual, deste modo, a forma geométrica e a dimensão dos símbolos são importantes parâmetros para novas pesquisas.

Assim, alguns símbolos propostos pelo LabTATE foram utilizados como referência para modelar tridimensionalmente alguns símbolos cartográficos táteis, por meio de um CAD, e para experimentar a reprodução destes com impressora 3D. Outras sugestões de símbolos e parâmetros dimensionais foram encontradas no referencial bibliográfico e algumas são inéditas desta pesquisa.

No campus de Ondina da Universidade Federal da Bahia, em Salvador, localiza-se o Laboratório do Instituto de Humanidades, Artes e Ciências Professor Milton Santos (IHAC/UFBA), Fotografia 2, denominado de Espaço Aberto de Criação e Inovação (IhacLab-i), que realiza diferentes atividades sobre fabricação digital.

Fotografia 2 – Ambiente interior do IhaLab-i da UFBA no campus Ondina



Fonte: Niédja Araújo, 2016.

O IhaLab-i foi fundado com parceria do Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas (SEBRAE) e do Governo do Estado da Bahia para aquisição dos equipamentos tecnológicos e conta com a participação de técnicos, professores e estudantes de vários cursos da UFBA vinculados às áreas de engenharia e tecnologia que realizam pesquisa e experimentos sobre fabricação digital.

O IhaLab-i é um espaço equipado com uma impressora 3D, máquina de corte a laser, uma fresa, dentre outros. Os organizadores e coordenadores do laboratório auxiliam, por exemplo, na fabricação de objetos demandados em projetos de pesquisa vinculados à universidade ou externos à academia, com a condição do usuário financiar o material a ser utilizado.

Vale ressaltar que as impressões 3D dos produtos cartográficos produzidos nesta pesquisa foram executadas no IhaLab-i entre o terceiro e quarto semestre do mestrado.

Os exemplos de algumas universidades no Brasil que realizam pesquisa sobre as técnicas de fabricação digital indicam a importância da impressão 3D para diversas finalidades, principalmente no campo da inclusão de pessoas com deficiência.

1.1 Breve Histórico da Inclusão das Pessoas com Deficiência Visual

Até o século XIII as pessoas cegas ou com outras deficiências eram julgadas por outras pessoas como incapazes e castigada pelos deuses, assim, fiicavam à margem da sociedade. Com o passar do tempo a concepção sobre deficiência foi mudando e na Idade Média, Luís XIII fundou em Paris o asilo de Quinze-Vingts no ano 1260 para atender soldados franceses que tiveram seus olhos arrancados pelos sarracenos durante as Cruzadas, e, posteriormente, passou a oferecer atendimento também a outros cegos franceses (MECLOY *apud* FRANCO & DIAS, 2005).

Nos séculos XVIII e XIX ocorreram evoluções importantes na história dos deficientes visuais, marcadas pela inauguração do Instituto Real dos Jovens Cegos de Paris, a primeira escola do mundo para pessoas cegas. O militar francês Charles Barbier, criou uma sonografia que consistia em representar fonemas em relevo sobre um papel, com 12 pontos, denominada de “escrita noturna” para comunicar-se com ausência de luz. Contudo, esta forma de comunicação secreta foi rejeitada pelos militares por ser considerada de difícil compreensão, assim, Barbier compartilhou a escrita com o Instituto Real dos Jovens Cegos de Paris, para ser utilizada na educação de pessoas cegas. Louis Braille, era aluno deste instituto e em 1829, com base na sonografia de Barbier, elaborou o sistema de escrita em relevo que recebeu seu sobrenome “Braille” (LOWENFELD; MECLOY; HIGINO; ROCHA; CERQUEIRA; LEMOS, KIRK; GALLAGHER; MAZZOTTA; DALL'ACQUA *apud* FRANCO & DIAS, 2005).

Alguns autores consideram o Sistema Braille como um código, porém, corroborando com Martines (2011) o Braille corresponde a uma escrita pontográfica que viabiliza a representação de letras, números, dentre outros, por meio de sinais pontuais em relevo, possibilitando à pessoa cega ler e escrever.

Deste modo, no Braille é possível representar os sons por mais de uma letra e vice-versa, da mesma forma que ocorre na escrita convencional, portanto, este sistema tem ortografia, assim, não deveria ser considerado um código.

Na Europa, a Alemanha e Grã-Bretanha no final do século XVIII e início do século XIX fundaram escolas para pessoas cegas tendo como modelo o Instituto Real dos Jovens Cegos de Paris. Entretanto, foi a partir da segunda metade do século XX, depois da Segunda Guerra Mundial e da Declaração Universal dos Direitos Humanos, que foram iniciadas discussões sobre a possibilidade de atendimento à pessoa cega na escola regular (SILVA *apud* FRANCO & DIAS, 2005).

A América do Norte também se destacou no século XIX em 1829 quando foi instalado em *Massachusetts* nos Estados Unidos o primeiro instituto para cegos denominado "*New England Asylum for the Blind*", atualmente "*Perkins Institute for the Blind*", posteriormente a fundação do "*New York Institute Education for the Blind*" em 1832 e em 1837 a "*Ohio School for the Blind*" (LOWENFELD; ROCHA; MAZZOTTA; DALL'ACQUA *apud* FRANCO & DIAS, 2005).

Neste contexto, a Europa e os Estados Unidos durante um congresso internacional realizado em Paris no ano de 1878 estabeleceram que o sistema de escrita criado por Louis Braille deveria ser utilizado como método universal de ensino para pessoas cegas, e, posteriormente, esse método foi adotado pelas escolas originadas no século XX.

O Sistema Braille obteve plena aceitação no Brasil onde foi empregado, praticamente, toda a simbologia utilizada na França, assim como o Código Internacional de Musicografia Braille, de 1929. O sistema foi adotado pelo país em 1854 por meio do Imperial Instituto dos Meninos Cegos, atual Instituto Benjamin Constant, primeira instituição na América Latina a utilizá-lo, principalmente por empenho do jovem José Alvares de Azevedo, brasileiro e cego, que havia aprendido Braille na França.

Em 1945 o Brasil estabeleceu o Braille Oficial para uso no país, por meio da Portaria nº 552, de 13 de novembro, bem como um código de abreviaturas em relevo, de autoria do professor José Espínola Veiga, atualmente em desuso (LEMOS & CERQUEIRA, 2014).

A deficiência visual é classificada em dois tipos: visão subnormal/baixa visão ou cegueira. No primeiro caso, a pessoa possui alteração da capacidade

funcional relacionada ao rebaixamento significativo da acuidade visual e redução do campo visual e também minimização da sensibilidade aos contrastes e limitação de outras capacidades visuais.

Entretanto, a cegueira ou perda total da visão pode ser adquirida, ou congênita. Na primeira situação a pessoa nasce com o sentido da visão, deixando de enxergar com o tempo, por problema de saúde, ou por ter sofrido algum acidente, contudo, ela pode guardar memórias visuais, lembranças das imagens, luzes e cores memorizadas, características úteis para sua readaptação. Na segunda situação, o indivíduo nasce sem a capacidade da visão, assim não possui uma memória visual do mundo, mas aperfeiçoa outras percepções sensoriais (BRASIL, 2000).

Conforme decreto 5296, deficiência visual pode ser caracterizada como cegueira: quando a “acuidade visual é igual ou menor que 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; a baixa visão, que significa acuidade visual entre 0,3 e 0,05 no melhor olho, com a melhor correção óptica; os casos nos quais a somatória da medida do campo visual em ambos os olhos for igual ou menor que 60°; ou a ocorrência simultânea de quaisquer das condições anteriores” (BRASIL, 2004).

O empoderamento das pessoas com deficiência pela inclusão e igualdade de direitos passou a conquistar notoriedade e novas formas de ensino, oportunidades e tecnologias inclusivas vem sendo desenvolvidas.

Na educação e nos meios de comunicação para pessoas com deficiência visual, por exemplo, surgiram os mapas táteis elaborados em texturas e relevo. Estes mapas incluem textos em Braille para a leitura da legenda, do título e da escala, dentre outros, e são objetos de estudo da cartografia tátil.

Entretanto, para produzir mapas táteis é necessário interagir as pessoas com deficiência visual no processo de elaboração. As experiências adquiridas podem contribuir para o avanço da cartografia tátil na normatização de padrões de representação cartográfica.

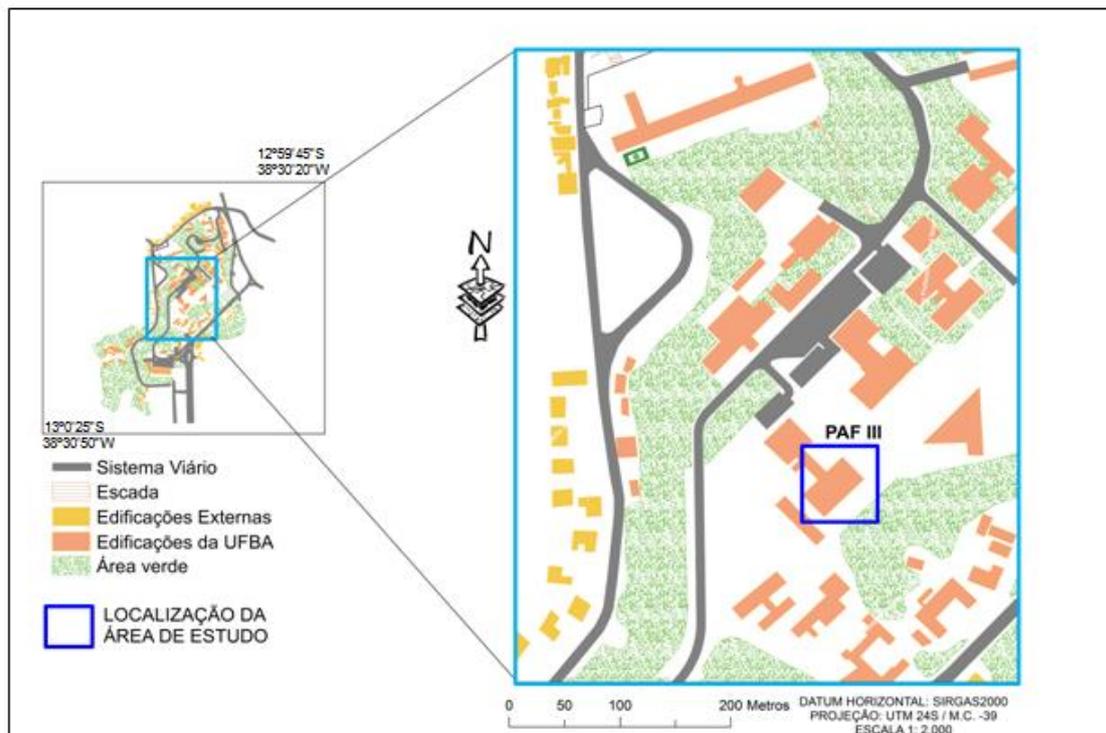
1.2 Delimitação do Tema

Esta pesquisa foi direcionada para a produção de símbolos cartográficos táteis por meio de tecnologia de impressão 3D, tendo como área de estudo o piso térreo do Pavilhão de Aulas III Glauber Rocha (PAF III), da Universidade Federal da Bahia, localizada no Campus Universitário de Ondina, na cidade de Salvador – BA.

Este edifício foi escolhido por ser um ambiente de grande circulação, principalmente de pessoas com deficiência visual, ou de pessoas com outras deficiências, devido à localização do Núcleo de Apoio à Inclusão do Aluno com Necessidades Educacionais Especiais (NAPE) que utiliza tecnologias acessíveis e recursos humanos para auxiliar o aluno com necessidades educacionais especiais a realizarem as atividades acadêmicas e deslocamento dentro dos campi, além do PAF III sediar atividades científicas que atraem diversos públicos.

O NAPE é um importante setor da universidade, pois viabiliza a realização de atividades acadêmicas, disponibilizando materiais e métodos para inclusão deste público e busca a formação docente por meio de novas formas interdisciplinares de ensinar, aprender, renovar e atualizar suas práticas educativas. O mapa 1 a seguir, representa a localização da área de estudo.

Mapa 1 – Indicação do PAF III na área dos campi Ondina e Federação da UFBA, Salvador - BA



Fonte: Adaptado de FERNANDES *et al.*, 2016.

O NAPE foi criado pelo Reitor Naomar Monteiro de Almeida Filho, através da Portaria nº. 074, de 26 de março de 2008, vinculado à Pró - Reitoria de Ensino de Graduação - PROGRAD, para implementação de políticas de acessibilidade à educação superior de pessoas com Necessidades Especiais, prioritariamente aquelas com deficiência, em conformidade com as ações das Secretarias de Educação Especial e de Educação Superior do Ministério da Educação – MEC, com as seguintes áreas de atuação: i) apoio a inclusão do aluno com Necessidades Especiais, na universidade em todos os espaços e contextos; ii) informa a comunidade da Universidade sobre a legislação e as normas educacionais vigentes que beneficiam os alunos com necessidades educacionais especiais (NEE); iii) promove assessoramento técnico-pedagógico aos professores e coordenadores de cursos da universidade; iv) promove um atendimento adequado às necessidades individuais do aluno; v) garante ao aluno a possibilidade de utilizar os equipamentos especiais

disponíveis no NAPE; vi) propõe convênios com outros organismos e instituições que possam implementar programas de apoio em parceria; vi) fornece material didático especializado ou adaptado necessário ao aluno, quando houver disponibilidade (NAPE, 2008).

Assim, o NAPE corresponde a um setor importante para inclusão de alunos com deficiência e para capacitação de professores universitários para a promoção de atividades acadêmicas acessíveis, viabilizando o direito dos alunos se qualificarem como futuros profissionais, respeitando as diferenças e necessidades de cada um deles.

Assim, os testes de cognição dos símbolos cartográficos táteis modelados foram ser realizados no PAF III contando com a participação de estudantes cegos que frequentam os ambientes internos da edificação e também foram realizados no Instituto de Cegos da Bahia (ICB) junto às pessoas cegas que aceitaram participar desta pesquisa.

2 PROBLEMAS DE PESQUISA

2.1 Problema Geral

O problema geral desta pesquisa refere-se à demanda de convenções cartográficas normativas para desenvolvimento de símbolos para mapa tátil de ambiente *indoor*.

2.2 Problemas Específicos

- i) Escassez de mapas táteis em espaços universitários para mobilidade e orientação de pessoas com deficiência visual;
- ii) Demanda de parâmetros dimensionais para produção de símbolos cartográficos táteis com tecnologia de impressão 3D;
- iii) Carência de parâmetros de impressão 3D para produção de mapas táteis utilizando ABS (Acrilonitrila Butadieno Estireno);
- iv) Restrições de formas geométricas para símbolos cartográficos semânticos cognoscíveis pelo tato;

3 HIPÓTESE DE PESQUISA

A hipótese geral deste trabalho refere-se à seguinte afirmação: “A tecnologia de impressão 3D pode viabilizar o desenvolvimento de símbolos cartográficos para mapa tátil de ambiente *indoor*”.

4 OBJETIVOS

4.1 Objetivo Geral

Desenvolver símbolos cartográficos para mapa tátil *indoor* a partir de parâmetros adequados de impressão 3D, visando facilitar a elaboração de mapas táteis *indoors* e a interpretação destes por pessoas cegas.

4.1.1 *Objetivos Específicos*

Os objetivos específicos desta pesquisa são:

- i) Elaborar um mapa tátil artesanal dos campi Ondina/Federação da UFBA visando experienciar a cartografia tátil na representação de um espaço universitário;
- ii) Propor parâmetros dimensionais para produção de símbolos cartográficos táteis com tecnologia de impressão 3D;
- iii) Gerar parâmetros de impressão 3D para elaboração de mapa tátil de ambiente *indoor*;
- iv) Avaliar a cognição tátil de símbolos cartográficos semânticos da área de estudo que possam ser reproduzidos por meio de impressora 3D;

5 JUSTIFICATIVA

De acordo com o Censo Demográfico Brasileiro realizado em 2010 o país possui 190.732.694 de habitantes e 18,60% (35.476.281) da população brasileira declararam ter deficiência visual, 7% (13.351.289) deficiência motora, 1,4% (2.670.258) deficiência intelectual e 5,1% (9.727.367) deficiência auditiva (SNPDS DH-PR/SNPD, 2012). Dentre as 45.606.048 pessoas que possuem algum tipo de deficiência: 1,6% (729.697) são totalmente cegas, 7,6% (3.466.060) são totalmente surdas, 1,62% (738.818) não conseguem se locomover. Conforme o Art. 2º da Lei 13.146 considera-se pessoa com deficiência,

“aquela que tem impedimento de longo prazo de natureza física, mental, intelectual, ou sensorial, o qual em interação com uma ou mais barreiras, pode obstruir sua participação plena e efetiva na sociedade em igualdade de condições com as demais pessoas” (BRASIL, 2015).

Vale ressaltar que a população brasileira está envelhecendo mais, com expectativa de 73,9 anos de vida e associados ao envelhecimento estão: a mobilidade reduzida e pelo menos um tipo de deficiência, conforme análise dos dados estatísticos contidos na “Cartilha do Censo 2010 – Pessoas com Deficiência” elaborada pela Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República (SDH/PR) e Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência (SNPDS DH-PR/SNPD). A Tabela 1 a seguir representa os dados percentuais referentes ao tipo de deficiência e faixa etária de cada grupo.

Tabela 1 – Percentual de pessoas com algum tipo de deficiência por grupo de idade

Faixa Etária	Deficiência Visual (%)	Deficiência Auditiva (%)	Deficiência Motora (%)	Deficiência Intelectual (%)
0 a 14	5,3	1,3	1,0	0,9
15 a 64	20,1	4,2	5,7	1,4
Acima de 65 anos	49,8	25,6	38,3	2,9

Fonte: Adaptado de SNPDS DH-PR/SNPD, 2012.

Com base na tabela, verifica-se que a deficiência visual é a mais representativa entre as demais deficiências em todos os grupos de idade, com destaque para o grupo “Acima de 65 anos” visto que quase metade dos idosos possui deficiência visual.

Entretanto, no censo realizado em 2010 investigou-se o grau de dificuldade de cada deficiência: “tem alguma dificuldade em realizar”, “tem grande dificuldade”, “não consegue de modo algum”, ou se a possui deficiência mental ou intelectual. Deste modo, enquanto em 2000 houve um crescimento de 10% da população com deficiência visual em relação ao censo anterior, no censo de 2010 esse crescimento foi de 24% em função do detalhamento do questionário sobre o grau de severidade dessa deficiência.

Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS), as principais causas de cegueira no Brasil são: catarata, glaucoma, retinopatia diabética, cegueira infantil e degeneração macular. No Brasil, 6.056.654 possuem baixa visão ou visão subnormal (grande e permanente dificuldade de enxergar) e mais de 29 milhões de pessoas declararam possuir alguma dificuldade permanente de enxergar embora utilizasse óculos ou lentes (Fundação Dorina, 2018). A Tabela 2 a seguir apresenta o número de pessoas com deficiência visual caracterizada como cegueira, baixa visão ou visão subnormal por grandes regiões brasileiras.

Tabela 2 – Quantidade de pessoas com deficiência visual por grande região

Região Brasileira	Número de pessoas com deficiência visual*
Sudeste	2.508.587
Nordeste	2.192.455
Sul	866.086
Norte	574.823
Centro-Oeste	443.357
Total	6.056.654

Fonte: Adaptado de Fundação Dorina, 2018. *Nota: Foram contabilizadas as pessoas que declararam deficiência visual do tipo cegueira, baixa visão ou visão subnormal.

Grande parcela da população atualmente possui algum tipo de deficiência e há tendência de crescimento deste público em função do aumento da expectativa de vida da população brasileira que geralmente envelhece sem hábitos saudáveis e sem prevenção dos problemas que causam determinadas deficiências, quando estas não são congênitas ou inevitáveis. No Brasil a maioria das pessoas que possui deficiência visual severa está nas regiões Sudeste e Nordeste, todavia, as demais regiões brasileiras possuem pelo menos 443 mil pessoas que declaram possuir cegueira, baixa visão ou visão subnormal.

Deste modo, os ambientes de circulação e as formas de comunicação precisam ser acessíveis para que todos realizem as atividades cotidianas em ambientes públicos ou privados, externos ou internos, de modo autônomo e seguro.

De acordo com o pronunciamento do Ex-secretário-geral da ONU, Kofi Annan, realizado em 2004, no Dia Internacional das Pessoas com Deficiência, 03 de dezembro, resumidamente transmite a seguinte ideia: nada que for de interesse para as pessoas com deficiência, deve ser pensado e realizado sem a participação destas, originando-se o tema da ONU em 2004 “Nada sobre nós, sem nós - *Nothing about us without us*”.

"Por muitos anos, as pessoas com deficiência foram vistas como 'objetos' de políticas de bem-estar social. Hoje, como resultado de uma dramática mudança de perspectiva que ocorreu nas duas últimas décadas, as pessoas com deficiência começaram a ser vistas como pessoas que precisam desfrutar o espectro completo de direitos civis, políticos, sociais, culturais e econômicos. O lema do movimento internacional de pessoas com deficiência, 'Nada Sobre Nós, Sem Nós', resume essa mudança" (SASSAKI, 2011).

A expressão "sem nós" significa: sem a plena participação das próprias pessoas com deficiência, seja uma participação, individual ou coletiva, mediante qualquer meio de comunicação, em todas as etapas do processo de geração dos resultados previstos, incluindo a elaboração, o refinamento, o acabamento, a implementação, o monitoramento, a avaliação e o contínuo aperfeiçoamento do que está sendo proposto. Logo, a expressão "nada sobre nós, sem nós", tornou-se lema de ações conjuntas para pessoas com deficiência e suas organizações internacionais, conforme reconheceu a Organização Internacional do Trabalho - OIT (SASSAKI, 2011).

Com o avanço de recursos tecnológicos entre os séculos XX e XXI envolvendo o desenvolvimento de computadores, softwares e outros equipamentos, a qualidade da transmissão de informações visuais, sonoras e táteis passou a ser mais sofisticada, melhorando a qualidade de vida das pessoas com deficiência, em destaque nesta pesquisa a deficiência visual.

Visto que, na cartografia convencional os mapas comunicam informações de modo bidimensional e são gerados em tinta, com normas técnicas cartográficas definidas, diferentemente dos mapas táteis onde as representações são feitas em relevo e não existem padronizações universais, os métodos de impressão 3D promovem a possibilidade de fabricar mapas táteis *indoor* para auxiliar na navegação de pessoas com cegueira ou baixa visão dentro das edificações.

Nesta pesquisa, os testes de cognição dos símbolos cartográficos táteis foram particularizados ao público que possui cegueira adquirida ou congênita. É reconhecida a necessidade dos mapas táteis serem acessíveis também para pessoas com visão subnormal, contudo, os experimentos fabricados com impressora 3D foram realizados sem contraste visual por limitações ocorrentes

na pesquisa. Essa particularização deve-se à impossibilidade de alternar filamentos em cores diferentes durante a impressão 3D, pois, a impressora utilizada possui apenas um bico de extrusão e os experimentos para atender os dois grupos são mais complexos, fator que poderia comprometer o prazo da pesquisa.

O desenvolvimento de símbolos cartográficos táteis projetados em computador para reprodução com impressora 3D possibilita o compartilhamento de símbolos táteis via base de dados de um *software* de projeto auxiliado por computador (*Computer Aided Design – CAD*). Assim, diferentes ambientes *indoors* podem ser representados em mapas táteis utilizando os símbolos compartilhados no *Google Sketchup 8* de acesso gratuito, por exemplo. Outras versões de CAD estão disponíveis para o usuário, entretanto, geralmente são versões pagas ou com licenças especiais para estudantes e professores.

A definição de parâmetros de impressão para produção de mapas táteis utilizando impressora 3D pode orientar outras pessoas que atuam na área da cartografia tátil a produzirem mapas de baixo custo e de boa qualidade.

Neste contexto, considerou-se a viabilidade de pessoas cegas memorizarem e reconhecerem símbolos cartográficos cognoscíveis e singulares por reproduzirem os mesmos padrões geométricos em diferentes mapas. Assim, a cartografia tátil poderá avançar na criação de normas para elaboração de símbolos com tecnologia de impressão 3D.

6 REVISÃO TEÓRICA

De acordo com a pesquisa bibliográfica realizada, os estudos sobre cartografia tátil começaram no século XIX, há registros da produção de um atlas tátil dos Estados Unidos da América (EUA) em 1837 elaborado pelo cientista Samuel Gridley da Escola de Perkins (EUA). Em 1937 Clara Pratt publicou um livro denominado *Geography Pratical* sobre atividades para ensinar geografia a alunos cegos e em meados do século XX foram elaborados na Alemanha mapas em relevo por alunos da Escola de *Weissenburg* (HUERTA *et. al*; TATHAM *apud* FREITAS & VENTORINI, 2011).

As publicações internacionais localizadas na base de dados *Scopus*, sobre cartografia, datam a partir da década de 1970. Das 1.112 publicações relacionadas a Mapa Tátil, 257 são da área de engenharia e destes 13 são sobre deficiência visual, 14 sobre tecnologias multisensoriais, 12 sobre símbolo tátil, 17 sobre tecnologia 3D, 04 sobre materiais, 01 sobre cognição e os demais abordam perspectivas táteis com outras aplicações. Os autores que mais se destacam em periódicos de referência são: Rice, M.; Papadopoulos, K.; Pissaloux, E.; e dentre outros, Mc Callum, D.

Em relação ao desenvolvimento de símbolos cartográficos táteis com formas geométricas associadas ao conceito do elemento espacial e mobilidade *indoor* de pessoas com deficiência visual há carência de sugestões nos trabalhos dos periódicos encontrados.

As instituições públicas de educação superior do Brasil que se destacam nos estudos relacionados à cartografia tátil são: a Universidade de São Paulo (USP), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (UNESP) do campus de Rio Claro-SP, Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Universidade de Campinas (UNICAMP) e na América Latina destaca-se a Universidade Tecnológica Metropolitana (UTME) em Santiago, no Chile.

A primeira tese de doutorado defendida no Brasil na área de cartografia tátil foi defendida em 1993 na Universidade de São Paulo por Regina Almeida

Vasconcellos e contribuiu para a divulgação da importância de pesquisas nesta área (FREITAS & VENTORINI, 2011).

Ventorini (2007; 2012) defendeu na UNESP sua dissertação e tese na área de cartografia tátil, Ferreira (2011) defendeu sua dissertação no Instituto Militar de Engenharia, no Rio de Janeiro, sobre confecção de matrizes táteis pelo processo de prototipagem rápida. Na UFSC Régis (2014) elaborou um Atlas Geográfico Escolar Tátil do Município de Florianópolis pelo programa de pós-graduação em Geografia e Bem (2016) defendeu uma dissertação sobre padronização de símbolos táteis pelo programa de pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo também vinculado à UFSC.

A Universidade Federal de Santa Catarina destaca-se nas pesquisas sobre cartografia tátil por ter iniciado estudos nesta área desde 2006, com importante contribuição científica da professora Emília Ruth Nogueira, fundadora do Laboratório de cartografia tátil e escolar (LabTATE) e dos demais pesquisadores vinculados ao laboratório que publicam trabalhos sobre mapas para pessoas cegas e para pessoas com baixa visão.

No Diretório dos Grupos de Pesquisa no Brasil Lattes estão registrados 08 grupos que realizam estudos na área da cartografia tátil, coordenados pelos seguintes pesquisadores: Vivian de Oliveira Fernandes e Mauro Jose Alixandrini Junior da Universidade Federal da Bahia; Luiz Guimarães Barbosa e Juliana Moulin Fosse da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro; Maria Madalena Ferreira e Dalva Maria Seewald de Carvalho da Universidade Federal de Rondônia; Regis Alexandre Lahm e Lorí Viali da Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul; Maria Isabel Castreghini de Freitas e Andrea Aparecida Zacharias da Universidade Estadual Paulista; Fernando Luiz de Paula Santil e Mosar Faria Botelho da Universidade Estadual de Maringá; Rosa Elena Noal e Sandro de Castro Pitano da Universidade Federal de Pelotas; e o professor João Vilhete Viegas d'Abreu da Universidade Estadual de Campinas (CNPq, 2018).

Neste contexto, as pesquisas realizadas indicam que a tecnologia de impressão 3D refere-se a uma possibilidade inovadora para representação

espacial em relevo por meio de diferentes materiais e técnicas na elaboração de mapas para ensino, mobilidade e orientação, contribuindo para tornar as informações acessíveis para pessoas com deficiência visual, conforme recomendam as especificações de sinalização previstas na ABNT NBR 9050 (2015).

6.1 Cartografia Tátil

A cartografia tátil confere “um ramo específico da Cartografia que se ocupa da confecção de mapas e outros produtos cartográficos que possam ser lidos por pessoas cegas ou com baixa visão” (NOGUEIRA [LOCH], 2008).

Cada país desenvolve representações cartográficas táteis de acordo com as técnicas, materiais e equipamentos disponíveis. Deste modo, não existem padrões cartográficos táteis aceitos mundialmente, como acontece na cartografia tradicional, assim cada país cria seus padrões e estabelece normas para a cartografia tátil, tomando como base a matéria-prima e desenvolvimento tecnológico existentes, a acessibilidade e o preparo dos deficientes visuais para uso desses produtos (NOGUEIRA [LOCH], 2008).

De acordo com Fernandes *et al.*, (2015), as técnicas mais utilizadas em mapas táteis são: artesanais, gráficos, papel microcapsulado, termoformagem e tecnologia de impressão tridimensional (3D).

- Artesanal: por meio de técnicas manuais com materiais colados para formar um gráfico tátil, geralmente, de menor durabilidade, utilizado para ensino, explorando diferentes materiais, cores, formas básicas e simples, contudo, não pode ser reproduzido, cada produto é original, como exemplifica o Mapa 2:

Mapa 2 – Campus tátil artesanal e sonoro da Universidade Estadual Paulista (UNESP)



Fonte: FONSECA, 2014.

- Gráficos em relevo: são gráficos produzidos por impressora matricial Braille que aplica células Braille em papel de modo organizado, formando gráficos. Neste caso não possibilita a variedade de altura, de preenchimentos e de formas, com limitação na baixa durabilidade e podem ser de difícil visualização para deficientes com baixa visão. Acrescenta-se neste tópico como exemplo, cartodiagramas em relevo para representação de fenômenos quantitativos por meio de sectogramas; e mapas táteis em gráficos também denominados de mapas topológicos, que contém rotas, textos em fonte exagerada e textos em Braille, símbolo indicando “você está aqui” ou “eu estou aqui”, dentre outras informações, sem a necessidade de incluir legenda e geralmente são produzidos em acrílico, aço ou *Medium Density Fiberboard* (MDF). Este tipo de mapa é comum em shoppings, museus, bancos e aeroportos, como representa o Mapa 3, multisensorial por incluir o recurso de áudio além das informações em relevo e visuais:

Mapa 3 – Aeroporto Internacional Tom Jobim - RJ,
produzido tipo gráfico com material acrílico



Fonte: Niédja Araújo, 2017.

- Papel microcapsulado: o princípio da tecnologia em uso é um tipo especial de papel com microcápsulas de álcool incorporadas que se dilatam quando exposto ao calor e faz a superfície do papel se romper. A tecnologia precisa de impressora e papeis especiais, entretanto, é fácil de editar e reproduzir em escala, possibilitando a criação de linhas, formas e preenchimentos. Contudo, há limitações relacionadas aos preenchimentos e variações de texturas. O Mapa 4 a seguir representa um exemplo da técnica citada.

Mapa 4 – Divisão Política do Brasil em Relevo



Fonte: LabTATE, 2016.

- Termoformagem: esta tecnologia usa como base uma matriz construída artesanalmente ou com auxílio de computador, posteriormente coberta com plástico que passa por um processo de aquecimento e aspiração sobre a matriz original para reproduzir uma cópia desta. Possibilita variações em altura e textura e permite a produção em escala de cópias e adição de texto em Braille. É possível utilizar materiais plásticos com diferentes espessuras para criar gráficos táteis com maior definição ou durabilidade. O Mapa 5, por exemplo, foi elaborado pela técnica de termoformagem.

Mapa 5 – Rodoviária de Florianópolis - SC



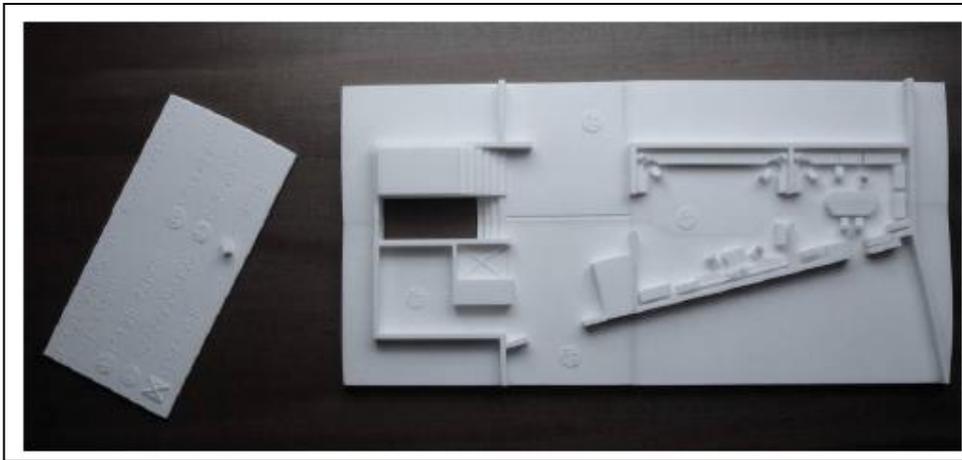
Fonte: LabTATE, 2016.

- Tecnologia de impressão tridimensional (3D): dentre as técnicas de prototipagem rápida existentes, destacam-se as impressoras 3D do método aditivo. Estas produzem peças a partir de projetos com auxílio de computador, onde o modelo digital tridimensional é subdividido em centenas de camadas muito finas (0,8 a 0,2 mm) e conexões de sucessivas seções transversais de material para construir objetos em três dimensões e em cores, com a vantagem de não apresentar limitações para reproduzir diversas formas geométricas, porém, com restrição da área a ser impressa.

Acrescentam-se também como limitação neste tópico, possíveis imperfeições no acabamento de objetos 3D produzidos em impressoras que realizam fusão de polímeros, ou que usam método de subtração, cabendo a realização de reparos manuais. A Maquete 1 referente ao Laboratório de Acessibilidade da Biblioteca Central da UNICAMP em

relevo, representa uma peça fabricada em 3D pelo método de *Sinterização Seletiva a Laser* (SLS) de poliamida (*nylon*) em pó.

Maquete 1 – Laboratório de Acessibilidade da Biblioteca Central da UNICAMP em relevo



Fonte: MILAN, 2008.

Os conceitos de mapa na cartografia tradicional e na cartografia tátil são similares em alguns aspectos. De acordo com o IBGE (1999)

“um mapa é a representação no plano, normalmente em escala pequena, dos aspectos geográficos, naturais, culturais e artificiais de uma área tomada na superfície de uma figura planetária, delimitada por elementos físicos, político-administrativos, destinada aos mais variados usos, temáticos, culturais e ilustrativos”.

Deste modo, o mapa na cartografia tradicional contém informações geográficas e é confeccionado, geralmente, em escala pequena. Entretanto, na cartografia tátil o termo mapa é utilizado para representações espaciais em escalas pequena, média e grande desde que possam ser compreendidos por pessoas com deficiência visual. As escalas grandes possuem denominadores inferiores a 15.000, as escalas médias possuem denominadores entre 15.000 e 250.000 e as escalas pequenas possuem denominadores maiores que 250.000 (IBGE, 1999). Os mapas para mobilidade em edificações são elaborados em

escala grande, pois, são adaptações de plantas arquitetônicas constituídas de diversos detalhamentos do local.

Similar a um mapa bidimensional, o mapa tátil também contém símbolos para representar elementos espaciais de ambientes exteriores (*outdoor*) ou interiores (*indoor*), todavia, a exploração do seu conteúdo é realizada principalmente pelo tato. As informações devem ser generalizadas e a utilização de símbolos é necessária para simplificar a comunicação, visto que os mapas geralmente são confeccionados a partir de um modelo convencional para pessoas normovisuais e apresentam informações de modo bidimensional com detalhes complexos de serem reproduzidos em 3D para interpretação tátil.

Assim, os símbolos para mapa tátil são representados em relevo para possibilitar o entendimento dos elementos espaciais contidos no mapa, diferentemente de uma maquete tátil que ao invés de utilizar símbolos, representa um projeto arquitetônico ou de engenharia, onde todos os elementos que o compõe são apresentados em três dimensões de modo mais aproximado da proporção espacial de cada elemento (LAROUSSE *apud* D'ABREU & BERNARDI, 2011), portanto, representa a miniatura de elementos espaciais existentes na planta. Mapas e maquetes com qualidades táteis adequadas podem auxiliar pessoas com deficiência visual a se orientarem em diferentes ambientes, ora nos *outdoors* ora nos *indoors* (VOIGT & MARTENS, 2006).

Um mapa para mobilidade e orientação em ambiente interno de uma edificação é considerado mapa *indoor*, por exemplo, o piso térreo de um pavilhão de aulas, em contrapartida, em ambiente externo é considerado mapa *outdoor*, por exemplo, um campus universitário.

Além dos mapas táteis para educação, utilizados para o ensino de vários conhecimentos científicos, existem outras três tipologias: mapas de orientação, de mobilidade e de topologia. No primeiro caso, sua finalidade é transmitir uma visão geral de determinada área, no segundo tipo é auxiliar o visitante na tomada de decisão sobre o seu deslocamento a partir de pontos de orientação, e no último a finalidade é apresentar rotas de circulação para o visitante (SCHNEIDER & STROTHOTTE, 2000).

Além das tipologias apresentadas anteriormente, segundo Vasconcellos *apud* Almeida (2011), os mapas táteis podem ser considerados geográficos quando são de referência geral, por exemplo, os mapas políticos ou quando são temáticos, ou seja, apresentam informações qualitativas ou quantitativas de fenômenos geográficos. Em ambos os casos representam áreas mais extensas e em escalas menores do que mapas para orientação e mobilidade.

6.1.1 *Convenções Cartográficas*

De acordo com o IBGE (1999) as convenções cartográficas normatizam símbolos por meio de exigências técnicas para simplificar a representação dos diversos acidentes no terreno e elementos topográficos em geral.

Neste contexto, a variedade e quantidade de símbolos empregadas em uma representação cartográfica dependem da escala do mapa, observando as dimensões e a forma característica de cada símbolo para garantir homogeneidade da mesma categoria, aumentando-se a quantidade de símbolos à medida que a escala diminui.

Visto que uma carta ou mapa corresponde a uma representação dos aspectos naturais e artificiais da superfície terrestre, ou de determinado espaço, torna-se necessário recorrer à utilização de pontos, círculos, linhas, polígonos, cores, dentre outros, por meio de uma representação convencional.

Entretanto, para o fator associativo durante a leitura do mapa as imagens dos elementos vistos no terreno devem ser representadas por símbolos que sugiram sua aparência visual. Outra medida importante a ser adotada refere-se à eficiência da legenda que não pode causar dúvidas quanto ao objeto a que se refere.

Vale ressaltar que na cartografia tátil, os símbolos possuem a mesma função, porém a quantidade de símbolos deve ser compatível com a possibilidade de cognição destes pelos usuários independentemente da escala do mapa.

Da mesma forma que em um mapa bidimensional existe o processo de generalização cartográfica para evitar a poluição visual e facilitar a

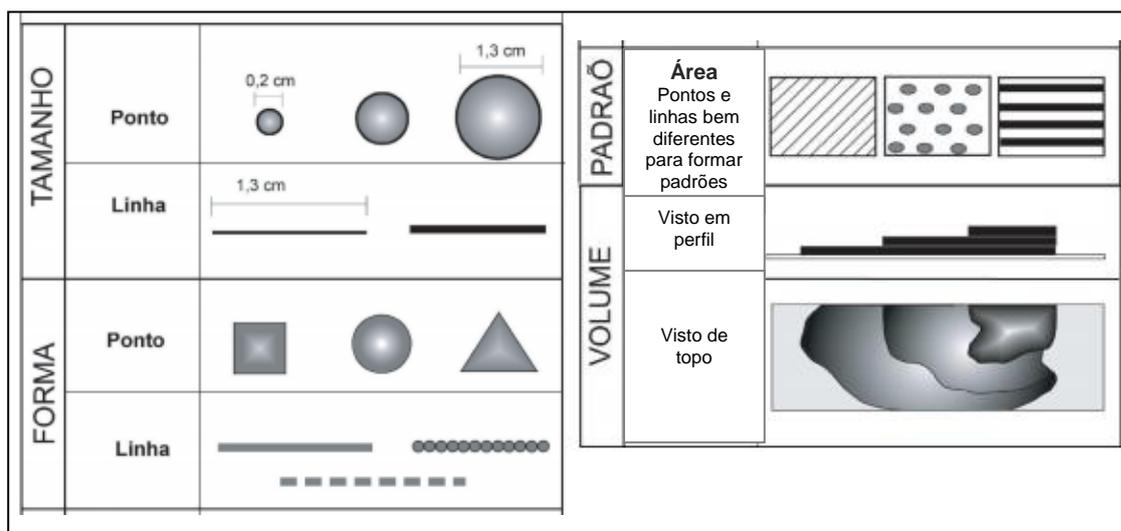
comunicação, o mesmo ocorre com os mapas táteis para evitar a “poluição tátil” e facilitar o acesso às informações comunicadas cartograficamente.

De acordo com Almeida (2011) a semiologia gráfica proposta pelo francês Jacques Bertin na segunda metade do século XX utiliza propriedades de relações de semelhança, ordem e proporcionalidade entre os dados espaciais. Assim, todo símbolo gráfico possui um conceito vinculado ao seu significado que é expresso pela imagem por meio de variáveis visuais: tamanho, valor, textura, cor, orientação e forma. Estes princípios contribuíram para os fundamentos metodológicos da linguagem cartográfica, sua normatização e desenvolvimentos de signos convencionais.

A maioria dos conceitos da semiologia gráfica e das suas aplicações práticas pode ser convertida para a linguagem gráfica tátil por meio de variáveis acessíveis para pessoas com deficiência visual (VASCONCELLOS *apud* ALMEIDA, 2011).

Na cartografia tátil as variáveis gráficas visuais são adequadas para pessoas com deficiência visual, incluindo-se a variável volume nos símbolos de modo que pessoas cegas ou com baixa visão possam interpretar as informações. Deste modo, a prioridade sensorial corresponde ao tato – sentido háptico do usuário, considerando a facilidade de cognição. A Figura 2 representa um esquema de variáveis gráficas táteis.

Figura 2 – Variáveis gráficas táteis



Fonte: NOGUEIRA [LOCH], 2008.

Segundo Nogueira [LOCH] (2008) os símbolos pontuais e lineares podem assumir até três tamanhos distintos, pois mais variações podem dificultar a cognição de pessoas com deficiência visual. Assim, recomenda-se que o menor seja até 0,2 centímetros e o maior até 1,2 centímetros de diâmetro para não ser confundido como área. Em relação a uma feição linear o menor tamanho recomendável fica em torno de 1,3 centímetros para não ocorrer engano com símbolo pontual. Deste modo, os mapas precisam ser produzidos por especialistas, posteriormente testados e aprovados por pessoas com deficiência visual.

Diante da complexidade de informações em mapas para mobilidade de ambientes escolares, aeroportos, shoppings, rodoviárias, dentre outros, nota-se a importância de desenvolver símbolos com formas diferentes, mas que proporcione uma intuição associativa entre o significado conceitual do elemento e a forma geométrica utilizada para representá-lo em relevo.

Deste modo, o uso da prototipagem rápida fornece condições técnicas para impressão de geometrias diversificadas que possam ser igualmente reproduzidas para mapas inéditos.

Assim, pretende-se nesta pesquisa desenvolver símbolos com formas compostas para mapas táteis, ou seja, elaborados com associação entre mais de uma forma, por exemplo, um retângulo contendo dois orifícios circulares lado a lado. Assim, além de símbolos com formas diferenciadas, a proposta visa relacioná-los ao significado do elemento espacial representado a partir da percepção háptica de pessoas cegas.

Alguns experimentos sobre parâmetros tridimensionais de linhas, pontos e polígonos foram realizados por Gabriel Moraes de Bem em sua pesquisa de mestrado, no Programa de Pós-graduação em Arquitetura e Urbanismo da Universidade Federal de Santa Catarina.

Em sua pesquisa, Bem (2016) investigou modelos de símbolos táteis para mapas arquitetônicos, propostas para representar linhas, pontos e polígonos e dimensões de símbolos nos sentidos x, y e z produzidos com diferentes métodos de impressão. Os parâmetros de elevação (z) utilizados na pesquisa citada estão representados pela Tabela 3:

Tabela 3 – 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

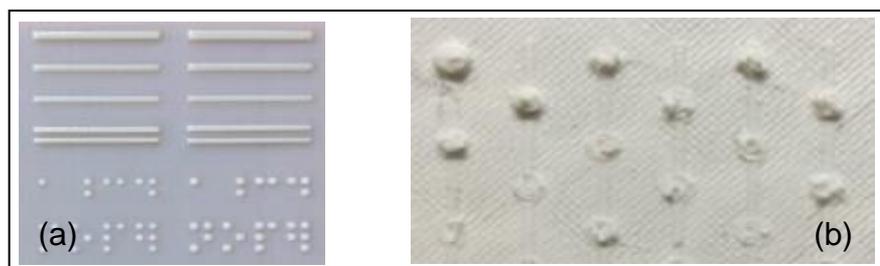
Fonte: BEM, 2016.

Entende-se por mapa tátil arquitetônico um produto cartográfico tátil que possui características generalizadas de uma planta arquitetônica, contendo símbolos cartográficos, com a finalidade de auxiliar na mobilidade de pessoas com deficiência visual dentro de uma edificação.

Assim, o mapa tátil arquitetônico corresponde a um mapa *indoor*, pois representa o ambiente interno da edificação, com elementos arquitetônicos diversos, a citar, os de circulação vertical como escadas, elevadores, rampas entre pavimentos, ou rampas de acesso vertical, elementos de fechamento de vãos, como portas e janelas, dentre outras estruturas, por exemplo, parede, guarda-corpo, barreiras, tipo de piso, dentre outros.

Na pesquisa realizada por Bem (2016) os símbolos que tiveram os melhores resultados foram impressos a partir do método *PolyJet* que constrói protótipos por adição de camadas de fotopolímero líquido sensível à raios ultravioleta (a) conforme apresenta a Figura 3 correlacionando o resultado da impressão realizada com impressora SETHI 3D pelo método de deposição de material fundido – FDM (b) com irregularidade na construção dos símbolos.

Figura 3 – Impressões 3D a partir de métodos diferentes



Fonte: BEM, 2016.

Contudo, impressões realizadas por adição de fotopolímeros estão entre as opções mais caras e são menos acessíveis do que as técnicas de deposição de material fundido (FDM). Vale ressaltar que cada impressora 3D, a depender do seu modelo e configuração dos parâmetros de impressão, pode produzir resultados qualitativos diferentes, assim, é importante desenvolver pesquisas sobre diferentes experimentos.

6.2 Prototipagem Rápida

Os métodos tradicionais de fabricação de objetos em três dimensões são o subtrativo e o formativo. No método formativo a fabricação do objeto acontece pela moldagem ou fundição de material, por exemplo, de placas de alumínio, para que assumam determinada forma a partir de um molde.

No método subtrativo utilizam-se fresas que se movem automaticamente para desbastar blocos de diferentes materiais ou utilizam-se máquinas de corte classificadas como abrasivas ou máquina de corte de metal.

Nas abrasivas utilizam-se os processos de separação físico-químicos, ou seja, laser, plasma e chamas, enquanto nas máquinas de corte de metal o processo de corte das peças ocorre por meio de um jato de água em alta pressão.

O termo prototipagem rápida surgiu recentemente com o desenvolvimento dos métodos aditivos. Em um programa de projeto auxiliado por computador (*Computer Aided Design - CAD*) realiza-se a modelagem tridimensional do objeto a ser fabricado e posteriormente este modelo digital deve ser fatiado em camadas por meio de um programa de fabricação auxiliada por computador (*Computer Aided Manufacturing – CAM*) e transferido para uma estação de prototipagem rápida que irá adicionar e sobrepor as camadas até a completa materialização do modelo.

De acordo com pesquisas realizadas pelo Laboratório de Simulação Numérica do Departamento de Construção e Estrutura da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia (LABSIN, 2004), os métodos aditivos podem ser do tipo sólido, líquido e em lâmina.

Método aditivo sólido:

- Sintetização Seletiva a Laser (*Selective Laser Sintering – SLS*): sintetizam materiais como náilon, termoplásticos, metais, dentre outros, a partir de laser de CO₂
- Adição Volumétrica a Laser (*Laser Engineered Net Shaping – LENS*) usa-se um laser de alta potência para fusão de pó metálico com outros materiais.
- Modelagem por Deposição de Material Fundido (*Fusion Deposition Modeling – FDM*): deposição de filamento de resina termoplástica aquecida sobre uma mesa de impressão.

Método aditivo líquido:

- Estereolitografia (*Stereolithography – SLA/SL*): utiliza impressora com laser ultravioleta para solidificar polímero líquido (resina)
- Modelagem por Jato Múltiplo (*Multi Jet Modeling – MJT*) popularmente denominada de *Thermo Jet*: utiliza jato térmico para produzir objetos por fusão de material líquido com pó que ao se resfriarem configuram a forma geométrica projetada.
- Acrescenta-se nestes exemplos a técnica *Polyjet*: impressora 3D para realizar adição de camadas de fotopolímero líquido sensível a raios ultravioleta sobre uma bandeja de montagem.

Método aditivo em lâmina:

- Manufatura de Objetos em Lâminas (*Laminated Object Manufacturing – LOM*): deposição de camadas de material na forma de folhas adesivas, cortadas a laser e coladas por aquecimento para formar o protótipo.

O termo fabricação digital surgiu a partir dos métodos tradicionais subtrativos e formativos, anteriormente ao surgimento do termo prototipagem rápida. Deste modo, segundo Celani e Pupo (2008), sobre os métodos de produção automatizada,

Podem ser destinados à produção de protótipos, ou seja, de modelos de avaliação, ou à produção de produtos finais, como elementos construtivos para serem empregados diretamente na obra [...]. Em geral, os primeiros são conhecidos como métodos de prototipagem (*prototyping*), enquanto os últimos são referidos como sistemas de fabricação (*fabrication*) ou de manufatura (*manufacturing*) [...] chamados genericamente de sistemas de fabricação digital (*digital fabrication*) e incluem as cortadoras a jato d'água e diversos tipos de equipamentos CNC em diferentes tamanhos e números de eixos (CELANI & PUPO, 2008, p. 32-34).

Esta categorização desconsidera os métodos de prototipagem rápida como pertencente à fabricação digital. Entretanto, partindo do conceito das palavras “fabricação” e “digital”, nota-se que independentemente da finalidade de cada produto e do método empregado (subtrativo, formativo ou aditivo) a materialização do modelo envolve produção e tecnologias da computação de modo automatizado, ora por controle numérico computadorizado (*Computer Numeric Control - CNC*), ora por fabricação auxiliada por computador (*CAM*).

De acordo com Buswell *et al.*, (2007) os termos Produção Rápida (*Rapid Manufacturing*), Prototipagem Rápida (*Rapid Prototyping*), Fabricação em Forma Livre Sólida (*Solid Freeform Fabrication*) e Tecnologias de Fabricação Aditiva (*Additive Manufacturing Technologies*) se referem à mesma família de processos, pois produzem componentes físicos por adição de material. Assim, o processo aditivo difere-se dos métodos tradicionais, porque, foram desenvolvidos originalmente para produzir rapidamente protótipos “sem assistência humana”.

O termo fabricação rápida (*Rapid Manufacturing*) é aplicado quando as máquinas de prototipagem rápida são usadas para produzir peças destinadas ao uso final. Vale ressaltar que nos Estados Unidos, o termo fabricação livre sólida (*Solid Freeform Fabrication*) é mais usual do que Prototipagem Rápida ou Produção Rápida.

Nota-se a ausência de universalização dos conceitos, verificando-se na literatura restrição dos termos “prototipagem rápida” para “método aditivo” e “fabricação digital” para “uso final”. Na arquitetura e na construção civil

considera-se a expressão “uso final” para objetos fabricados na escala 1:1 com o objetivo de integrar partes de uma edificação.

Contudo, na medicina, uma prótese de uma mão produzida por meio da prototipagem rápida também exerceria a função de “uso final”, pois estaria em escala 1:1 e integraria parte de um corpo humano. Nesse contexto, embora tenha sido produzida pelo método aditivo, a prótese poderia ser considerada como um produto de fabricação digital.

Um mapa tátil produzido por método aditivo também tem a finalidade de auxiliar pessoas com deficiência visual a se orientarem e tomarem decisões no espaço geográfico onde estão localizadas, portanto, considera-se que ele também exerce a função de “uso final”. Assim, nesta pesquisa entende-se o termo Fabricação Digital mais amplo, incluindo todos os métodos de produção automatizada: subtrativo, formativo e aditivo.

6.3 Informação e sinalização para acessibilidade a edificações – ABNT NBR 9050 (2015)

A Norma Brasileira Técnica sobre acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos (ABNT NBR 9050/2015), dedica um dos capítulos para regulamentar a qualidade da informação e sinalização para garantir adequada orientação aos usuários nos espaços de circulação.

Deste modo as informações devem ser completas, precisas e claras de acordo com a transmissão e o princípio dos dois sentidos, assim, as informações devem ser realizadas através da combinação visual e tátil, ou, visual e sonora, ou ainda incluindo mais de dois sentidos.

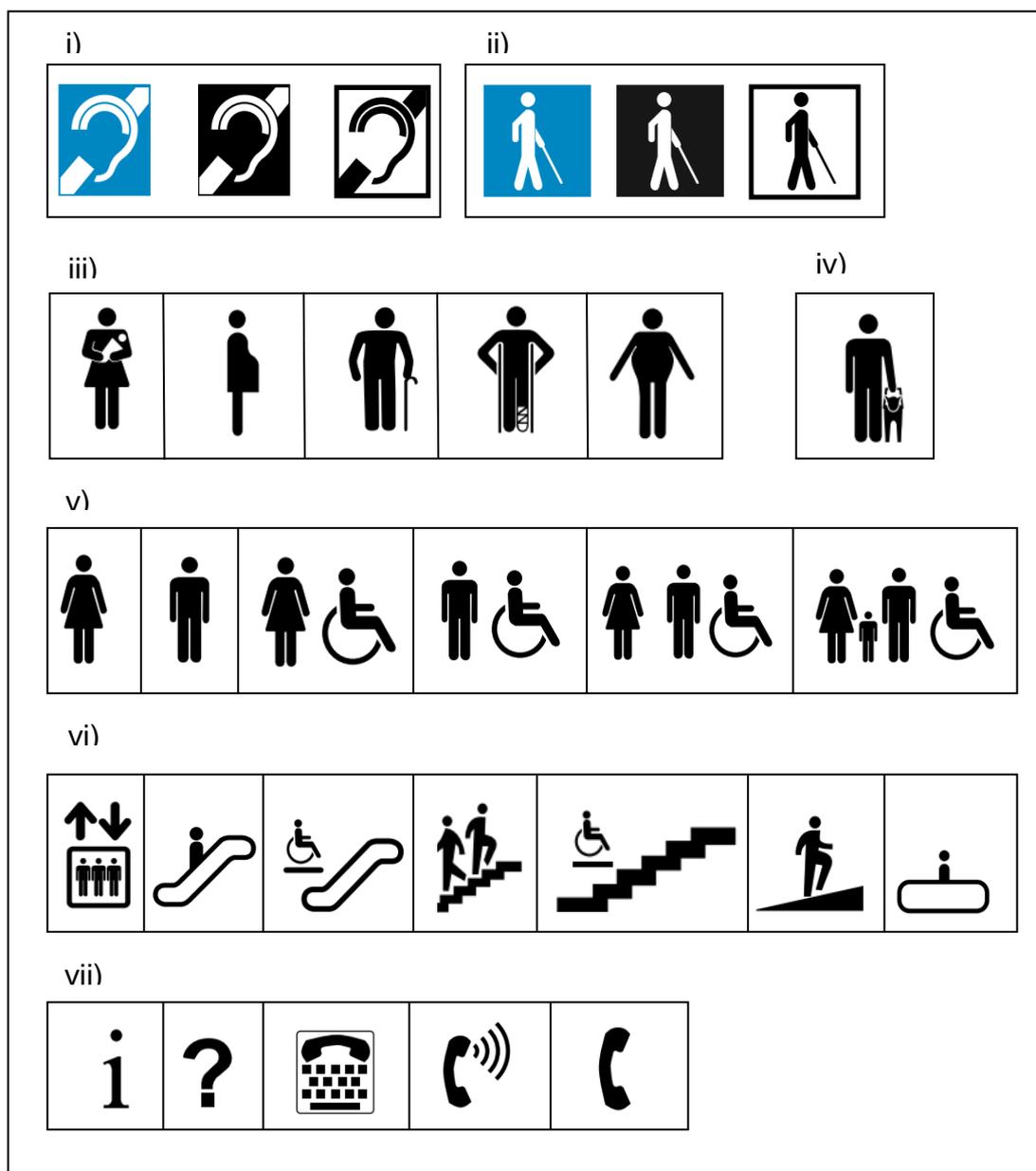
De acordo com essa norma a sinalização deve ser universal, ou seja, atender todas as pessoas, ora estrangeiras, analfabetas, com baixa visão, ou cegas, de modo autoexplicativo, perceptível e legível. Assim, recomenda-se que as informações com textos sejam complementadas com os símbolos.

Os símbolos correspondem às representações gráficas por meio de figuras ou formas convencionadas por meio de analogias entre o objeto e a informação de sua representação que visam transmitir alguma mensagem.

Os símbolos internacionais possuem a finalidade de indicar a acessibilidade aos serviços e identificar espaços, edificações, mobiliário e equipamentos urbanos, onde existem elementos acessíveis ou utilizáveis por pessoas com deficiência ou com mobilidade reduzida.

São convencionados internacionalmente os seguintes símbolos: i) pessoa com deficiência auditiva - indicado para os locais que disponham equipamentos, produtos, procedimentos ou serviços para pessoas com deficiência auditiva; ii) Símbolo para pessoas com deficiência visual; símbolos complementares para indicar as facilidades existentes nas edificações, no mobiliário, nos espaços, equipamentos urbanos e serviços oferecidos, geralmente inseridos em quadrados ou círculos: iii) símbolo de atendimento preferencial; iv) Pessoa com deficiência visual acompanhada de cão-guia; v) símbolo de sanitário; vi) símbolos de circulação; vii) símbolos de comunicação para sinalização dos equipamentos ou serviços de comunicação, conforme a Figura 4:

Figura 4 – Símbolos convencionados internacionalmente



Fonte: Modificado da ABNT NBR 9050, 2015, p. 40-43.

6.3.1 Linguagem

A ABNT NBR 9050 (2015) define como linguagem um conjunto de símbolos e regras de aplicação e disposição que viabiliza um sistema de comunicação, ora visual, tátil ou sonoro, com a capacidade de proporcionar a inteligibilidade. Deste modo, a linguagem visual constitui-se de informações

visuais premissas de símbolos, texto, dimensionamento e contraste textual para possibilitar a percepção por pessoas com baixa visão.

A diagramação deve contemplar textos com orientações ou instruções de uso de áreas, objetos, equipamentos, de modo objetivo, e na forma tátil de ser representado em relevo e Braille; conter sentença completa ordenada por sujeito, verbo e predicado; estar na forma ativa e não passiva; estar na forma afirmativa e não negativa; enfatizar a sequência das ações.

A tipografia das letras, números e sinais utilizados em placas, sinais visuais ou táteis, devem integrar um conjunto de caracteres em estilo coerente. A norma recomenda a combinação de letras maiúsculas e minúsculas em caixa alta e caixa baixa, letras sem serifa, assim como evitar fontes itálicas, decoradas, manuscritas, com sombras, com aparência tridimensional ou distorcidas.

O contraste na sinalização é importante para a percepção das diferenças ambientais por meio dos sentidos da visão, tato e audição, conforme os sons, texturas e luminância – relação entre a intensidade luminosa de uma superfície e a área aparente dessa superfície, vista por um observador à distância.

Assim, a medição do contraste visual é realizada através do *Reflected Light Value* (LRV), ou seja, o valor da luz refletida na superfície, que varia em um escala de 0 a 100, onde 0 corresponde ao valor do preto puro e 100 ao valor do branco puro, como exemplifica a Tabela 4. É importante destacar que na aplicação do LRV, os planos mais claros devem ter no mínimo 50 pontos.

Tabela 4 – Aplicação da diferença do LRV na sinalização – Δ LRV

Aplicação visual do Δ LRV	Diferença na escala
Áreas amplas (parede, piso, portas...) Elementos e componentes para facilitar a orientação (corrimãos, controles, pisos táteis)	≥ 30 pontos
Perigo em potencial; Texto informativo (sinalização)	≥ 60 pontos

Fonte: Modificado da ABNT NBR 9050, 2015, p. 34.

A linguagem sinalizada deve ser composta por contraste, entre a sinalização visual (texto ou símbolo e fundo) e a superfície sobre a qual ela está afixada, com atenção para a iluminação do entorno, seja natural ou artificial, pois não deve inviabilizar a compreensão da informação.

É importante notar que a tipografia em Braille não necessita de contraste visual e materiais brilhantes e de alta reflexão devem ser evitados em textos, símbolos e em fundo das peças de sinalização, para não ocorrer ofuscamento e garantir a manutenção do LRV.

A dimensão das letras e números visuais deve ser proporcional à distância de leitura, seguindo a relação 1/200 da distância de visada, com mínimo de 8cm e preferencialmente representados pelas fontes tipográficas: *arial, verdana, helvética, univers e folio*, evitando-se a utilização de textos na vertical.

O desenho do símbolo deve atender às seguintes condições: i) contornos fortes e bem definidos; ii) simplicidade nas formas e poucos detalhes; iii) estabilidade da forma; iv) utilização de símbolos de padrão internacional; v) altura dos símbolos: no mínimo 80 mm; vi) altura do relevo: 0,6 mm a 1,20 mm; vii) distância entre o símbolo e o texto: 8 mm.

A luminância de uma sinalização visual é notada por um observador à distância e corresponde a uma medida fotométrica da intensidade de uma luz refletida em uma dada direção, cuja unidade denomina-se candela por metro quadrado (cd/m²).

Além da luminância, existe a cromaticidade que corresponde à aplicação de cores para sinalização visual. Por medida de segurança, deve seguir as orientações contidas na legislação. Por exemplo, as cores: vermelha, laranja, amarela e verde devem ser definidas conforme os valores da Tabela 5.

Tabela 5 – Crominância

Cores	Comprimento de onda em nanômetros (nm)
Vermelha	625 a 740
Laranja	590 a 625
Amarela	565 a 590
Verde	500 a 565

Fonte: Modificado da ABNT NBR 9050, 2015, p. 36.

A linguagem tátil, em especial os relevos para linguagem em Braille e pisos táteis, requer controle dimensional. Os textos em relevo devem estar associados ao texto em Braille, assim, recomenda-se a utilização dos caracteres em relevo com as seguintes condições: i) tipos de fonte (*arial, verdana, helvética, univers e folio*); ii) altura do relevo: 0,8 mm a 1,2 mm; iii) altura dos caracteres: 15 mm a 50 mm; iv) distância mínima entre caracteres: 1/5 da altura da letra (H); v) e distância entre linhas deve ser de 8 mm.

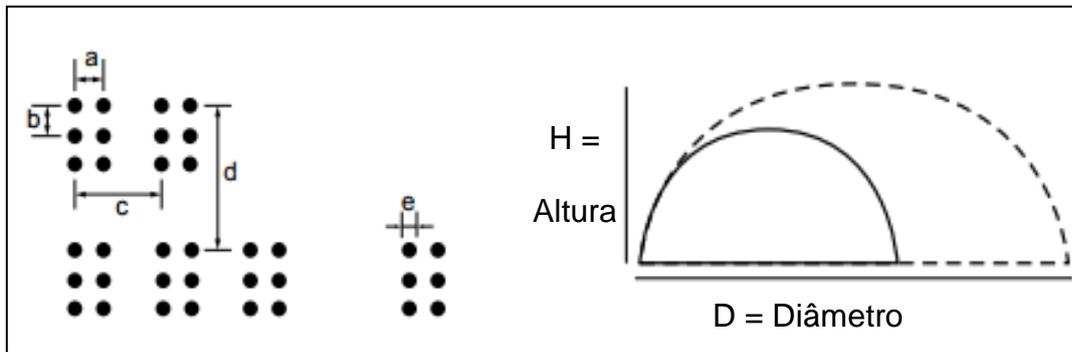
Embora a linguagem apresentada por essa norma seja direcionada para sinalização horizontal e vertical, vale ressaltar que, para obtenção de uma cartografia universal que atenda a todos os usuários, torna-se necessário realizar o planejamento dos textos e escolha das cores a serem utilizadas com base nestas especificações técnicas para incluir pessoas com deficiência, principalmente aquelas com visão subnormal que exploram ao máximo a capacidade visual rarefeita que possuem, em mapas em relevo ou mapas bidimensionais.

6.3.2 *Braille*

A sinalização visual e tátil com caracteres ou símbolos em relevo deve acompanhar textos em Braille com localização abaixo deles, porém, em sentenças longas, deve-se utilizar o texto em Braille alinhado à esquerda.

O ponto em Braille deve ter aresta arredondada na forma esférica, com arranjo de seis pontos, duas colunas e o espaçamento entre as celas em Braille devem ser conforme a Figura 5 e a Tabela 6:

Figura 5 – Arranjo geométrico e formato do relevo dos pontos em Braille



Fonte: Modificado da ABNT NBR 9050, 2015, p. 37

Tabela 6 – Dimensões do arranjo geométrico e formato do relevo dos pontos em Braille

A	b	c	d	e = diâmetro (D) do ponto	H = altura do ponto H
2,7 mm	2,7 mm	6,6 mm	10,8mm	1,2 a 2,0 mm	0,6 a 0,8 mm

Fonte: Modificado da ABNT NBR 9050, 2015b, p. 37.

Deste modo, a proporção P é a relação entre o diâmetro e a altura do ponto, deve obedecer a equação abaixo:

$$P = D/H \quad (1)$$

P é a proporção entre o diâmetro e a altura; D é o diâmetro, expresso em milímetros (mm); e H é a altura do relevo, expressa em milímetros (mm). As dimensões recomendadas para D devem estar entre 1,2 mm e 2,0 mm, para H devem estar entre 0,6 mm e 0,8 mm, e para P a proporção entre o diâmetro e a altura do ponto deve ser entre 2,0 mm e 2,5 mm.

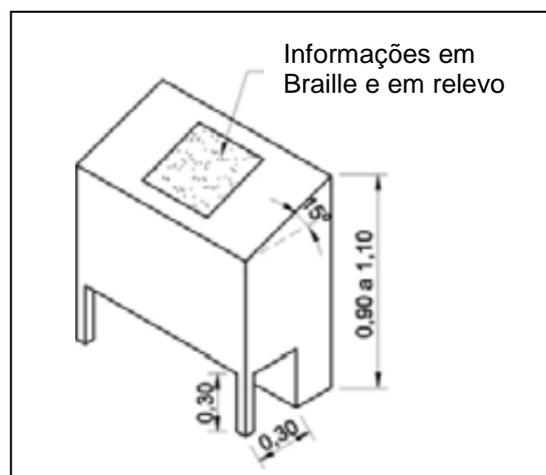
6.3.3 Planos e mapas acessíveis

A possibilidade de representar a arquitetura do interior de uma edificação e de espaços externos com seus elementos cognoscíveis e agradáveis ao tato facilita o processo de leitura e entendimento dos mapas e maquetes por pessoas com deficiência visual (BEM & PUPO, 2015). Deste modo, a norma técnica ABNT NBR 9050 (2004) define os planos e mapas acessíveis/táteis como representações visuais, táteis, sonoras, ou táteis e sonoras que orientam e localizam lugares, rotas, fenômenos geográficos,

cartográficos e espaciais, posicionados de forma a permitir acesso, alcance visual e manual.

De acordo essa norma, as superfícies horizontais ou inclinadas com até 15% em relação ao piso que contém informações em Braille, planos e mapas táteis devem ser instaladas à altura entre 0,90 m e 1,10 m, com reentrância na sua parte inferior com no mínimo 0,30 m de altura e 0,30 m de profundidade, possibilitando a aproximação frontal de uma pessoa em cadeira de rodas como representa a Figura 6.

Figura 6 – Superfície inclinada contendo informações táteis e dimensões em centímetros



Fonte: Modificado da ABNT NBR 9050, 2004, p. 29.

Deste modo, dentre estas e outras normas de sinalização, nota-se a importância da sinalização tátil, incluindo os mapas e símbolos informativos. Assim, a tecnologia de impressão 3D pode ser utilizada para produzir mapas táteis, igualmente informações em relevo de símbolos internacionais e textos em Braille, contribuindo para adequar os ambientes de circulação conforme a ABNT NBR 9050 de 2004 e de 2015.

7 MATERIAIS E MÉTODO

7.1 Mapa tátil artesanal da Universidade Federal da Bahia

Na primeira etapa desta pesquisa, elaborou-se um mapa artesanal dos campi Ondina/Federação da Universidade Federal da Bahia para experienciar a cartografia tátil na representação de um espaço universitário. Assim, buscou-se avaliar a orientação espacial de graduandos com deficiência visual a partir do contato com o mapa tátil, visando posteriormente elaborar um mapa tátil do mesmo espaço a partir de impressão 3D.

Antes da confecção do mapa artesanal, foram contatados 04 estudantes com deficiência visual, a partir do intermédio do Núcleo de Apoio à Inclusão do Aluno com Necessidades Educacionais Especiais (NAPE/UFBA). Houve retorno de três pessoas: uma com baixa visão, alfabetizada em Braille com capacidade de compreensão de textos ampliados, determinadas imagens, texturas e contrastes de cores, e de dois cegos, que não eram alfabetizados em Braille e utilizam tecnologias assistivas para ler e se comunicar, principalmente a partir de recursos de áudio.

Realizou-se uma entrevista com 15 questões (APÊNDICE I) qualitativas com a finalidade de conhecer os estudantes, obter sua opinião sobre acessibilidade na UFBA, levantar as principais dificuldades sobre mobilidade vivenciadas no espaço universitário e a importância de um mapa tátil dos campi para inclusão, localização e orientação, bem como identificar quais informações seriam indispensáveis conter no mapa tátil, tendo como base um mapa temático da área de estudo na escala 1: 2.000 do ano de 2014 (FERNANDES, *et al.*, 2015) e realizou-se um trabalho de campo nos campi Ondina/Federação para identificar barreiras arquitetônicas que pudessem interferir na mobilidade de pessoas com deficiência visual neste espaço.

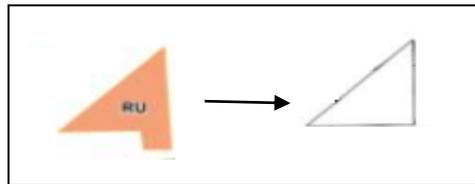
Além dos estudantes com deficiência visual entrevistados nesta pesquisa, realizou-se uma visita técnica à Superintendência de Meio Ambiente e Infraestrutura da UFBA no segundo semestre de 2016 para obtenção de informações sobre as condições de acessibilidade nos campi.

Os mapas para pessoas com deficiência visual devem ser simplificados para melhorar a cognição da simbologia pelos usuários, assim para elaboração do mapa tátil artesanal realizaram-se generalizações cartográficas de acordo com Lopes (2005).

Segundo este autor, os operadores de generalização definem a transformação que se pretende alcançar, enquanto os algoritmos de generalização descrevem como alcançar essa transformação.

Dois tipos de generalização são destacados: a generalização semântica baseada na escolha inicial da informação relevante a ser apresentada no mapa; e a generalização geométrica, baseada na manipulação de características gráficas de objetos representados no mapa, ambas utilizadas nesta pesquisa, sendo a segunda executada manualmente por interpretação em tela, a citar redução duas aresta no restaurante universitário (RU), Figura 7:

Figura 7 – Geometria simplificada do Restaurante Universitário do campus Ondina da UFBA



Fonte: Adaptado de FERNANDES *et al.*, 2015.

A escala possui relação direta na magnitude da generalização e escolha de símbolos que visam representar a realidade. À medida que ela decresce o nível de detalhes diminui e maior será a necessidade de utilização de símbolos.

A Figura 8 a seguir corresponde à base cartográfica antes e depois da generalização cartográfica.

Figura 8 – Mapa temático e Base Cartográfica Generalizada dos campi Ondina e Federação da UFBA



Fonte: Adaptado de FERNANDES *et al.*, 2015.

Foram escolhidas oito texturas para áreas em sete cores diferentes: velcro cinza, E.V.A amarelo e roxo, lixa marrom escuro, adesivo liso marrom claro, papel camurça verde, três tipos de elastec: dois pretos, sendo um deles com um alfinete indicando “Eu estou aqui” e um vermelho.

Utilizaram-se quatro texturas para as feições lineares: elastec, fita adesiva dupla face com 3 mm de altura, barbante, um cordão trançado e sequências de colchetes fêmeas. Para as feições pontuais utilizaram-se tarraxa de silicone com alfinete, tacha de mural e colchete macho.

As peças que compuseram o mapa foram fixadas com cola para atividades artesanais, cola de E.V.A e cola de silicone, sobre a base cartográfica fixada em uma folha de E.V.A.

A experiência de elaborar um mapa artesanal dos campi apresentou-se complexa pela diversidade de informações existentes na área dos campi que, posteriormente, deveriam ser representadas por símbolos cartográficos a partir de impressão 3D e o tempo necessário para esta finalidade poderia ser superior ao prazo do mestrado.

Deste modo, optou-se por produzir um mapa *indoor* do piso térreo do pavilhão de aulas Glauber Rocha (PAF III), localizado no campus Ondina da UFBA, particularizando a pesquisa para um espaço interno de uma das edificações da universidade, ao invés do ambiente *outdoor* dos campi.

7.2 Mapa tátil construído a partir de impressão 3D

Nesta pesquisa utilizou-se o método experimental, pois, as pesquisas experimentais consistem essencialmente em determinar um objeto de estudo e selecionar variáveis controláveis e conhecidas pelo investigador para observação dos resultados que a variável produz no objeto, sendo o pesquisador um agente ativo neste processo (GIL, 2009). Assim, os objetos de estudo são os símbolos táteis, as variáveis são os parâmetros dimensionais e a forma geométrica dos mesmos.

O experimento refere-se à cognição dos símbolos táteis presentes no mapa tátil do piso térreo do PAF III. Aplicaram-se questionários qualitativos (APÊNDICE II e APÊNDICE III) para avaliação cognoscível junto aos voluntários cegos e entrevista semiestruturada (APÊNDICE IV) para descrição do perfil dos avaliadores. Os símbolos avaliados nesta pesquisa, ora inéditos ou de outros pesquisadores poderão ser revisados em pesquisas futuras e serem compartilhados na base de dados do *Google sketchup 8* para utilização em mapas táteis de ambiente *indoor* produzidos com impressora 3D.

Segundo Gil (2009), as pesquisas científicas podem ser classificadas em três níveis: pesquisas exploratórias, pesquisas descritivas e pesquisas explicativas. Neste trabalho, a pesquisa realizada corresponde ao primeiro tipo, visto que, as pesquisas exploratórias dedicam-se a determinado tema pouco explorado e de difícil elaboração de hipóteses precisas, contribuindo muitas vezes para uma investigação mais ampla. Quando o tema escolhido é genérico, exige-se além da revisão de literatura, discussão com especialistas e outros procedimentos.

Deste modo, criaram-se formas geométricas (regulares e irregulares) com diferentes dimensões (x, y e z), utilizando material compatível com a

impressora 3D disponível e cognoscível por meio do tato. Realizaram-se uma impressão do mapa e três impressões da legenda do mapa, testando parâmetros de impressão que gerassem peças com formas geométricas bem definidas. Foram necessárias três tentativas de impressão da legenda para alcançar resultado similar ao do mapa, porque, os pontos Braille são mais difíceis de serem impressos por constituírem sequências de semiesferas minúsculas.

Foram agendadas visitas ao Instituto de Cegos da Bahia (ICB) para verificar a disponibilidade do ICB em apoiar a pesquisa. Este confirmou interesse e participaram 05 voluntários cegos: 03 com cegueira congênita e 02 com cegueira adquirida, sendo 02 do sexo feminino e 03 do sexo masculino. Foram agendadas entrevistas com 03 voluntários cegos vinculados à UFBA, sendo dois estudantes de graduação com cegueira adquirida, ambos do sexo masculino e uma servidora com cegueira congênita. Todos os avaliadores são adultos, com idades a partir de 30 anos e inferior a 65 anos.

Deste modo participaram da pesquisa 08 (oito) pessoas cegas e os testes de cognição foram de acordo com os princípios de usabilidade – uma abordagem para o desenvolvimento de produtos que incorpora as sugestões diretas dos usuários ao longo do ciclo da criação de produtos e ferramentas que atendam as necessidades dos usuários (Associação de Profissionais da Usabilidade *apud* TULLIS & ALBERTS, 2008).

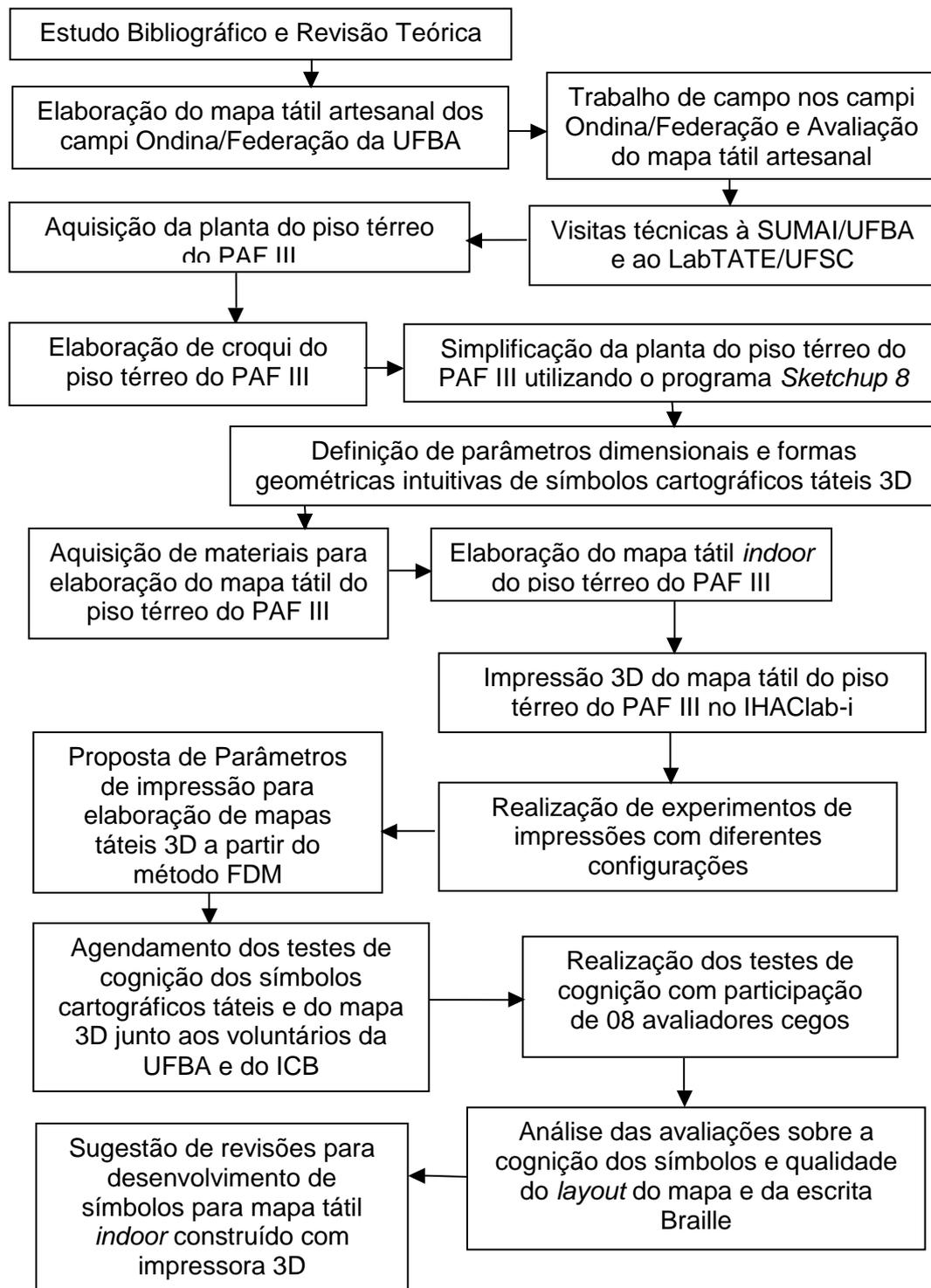
Deste modo a usabilidade geralmente é considerada como a capacidade de usuários utilizarem com sucesso determinado produto ou ferramenta para uma tarefa, considerando sua experiência para ampliação dos resultados.

Embora as análises desta pesquisa sejam qualitativas, os resultados foram quantificados levando em consideração o tempo que cada avaliador utilizou para realizar cada tarefa e avaliou-se o grau de satisfação da cognição dos símbolos cartográficos táteis a partir de parâmetros numéricos que variam de 1 a 5, onde 1 corresponde ao péssimo, 2 – ruim, 3 – regular, 4 – bom e 5 – excelente. Assim, cronometrou-se o tempo utilizado pelo avaliador para localizar cada símbolo no mapa, conforme a sequência dos símbolos na

legenda, e ao término da tarefa somaram-se os valores cronometrados para verificar o tempo total para concluir a interpretação do mapa.

Nos testes usabilidade não existe uma regra para determinar a quantidade mínima de participantes necessária para validar os resultados da pesquisa. Por exemplo, se o interesse for identificar grandes problemas de usabilidade como parte de um processo de *design* iterativo, é possível obter sugestões úteis de três ou quatro participantes. Assim, a partir desta pequena amostra não será possível identificar todos os problemas de usabilidade, ou a maioria deles, porém, será possível inferir os mais significativos (TULLIS & ALBERTS, 2008). A Figura 9 representa a sistematização das etapas metodológicas realizadas nesta pesquisa.

Figura 9 – Fluxograma da pesquisa

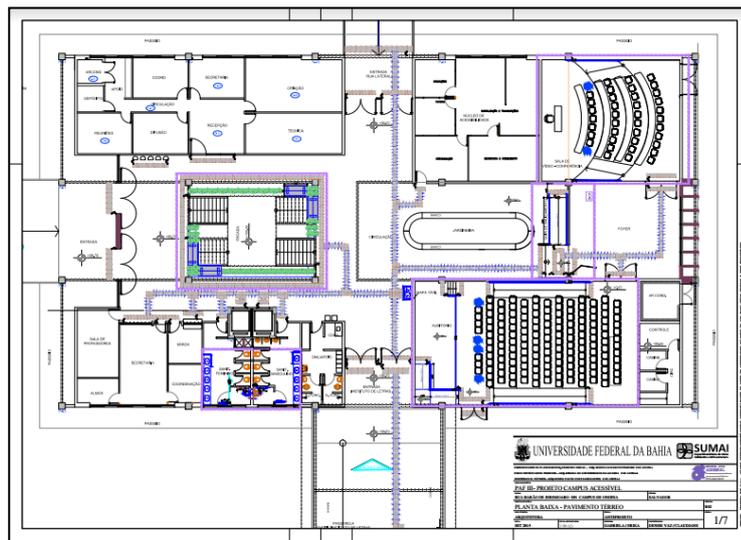


Fonte: Niédja Araújo, 2017.

7.2.1 Planta do piso térreo do PAF III

O modelo digital 3D do piso térreo do Pavilhão de Aulas Glauber Rocha (PAF III) foi elaborado a partir da planta arquitetônica, Figura 10, disponibilizada pela Superintendência de Meio Ambiente e Infraestrutura da UFBA (SUMAI) em PDF na escala de impressão 1: 200 com os detalhes da escala de origem correspondente a 1:50.

Figura 10 – Planta do piso térreo do PAF III da UFBA

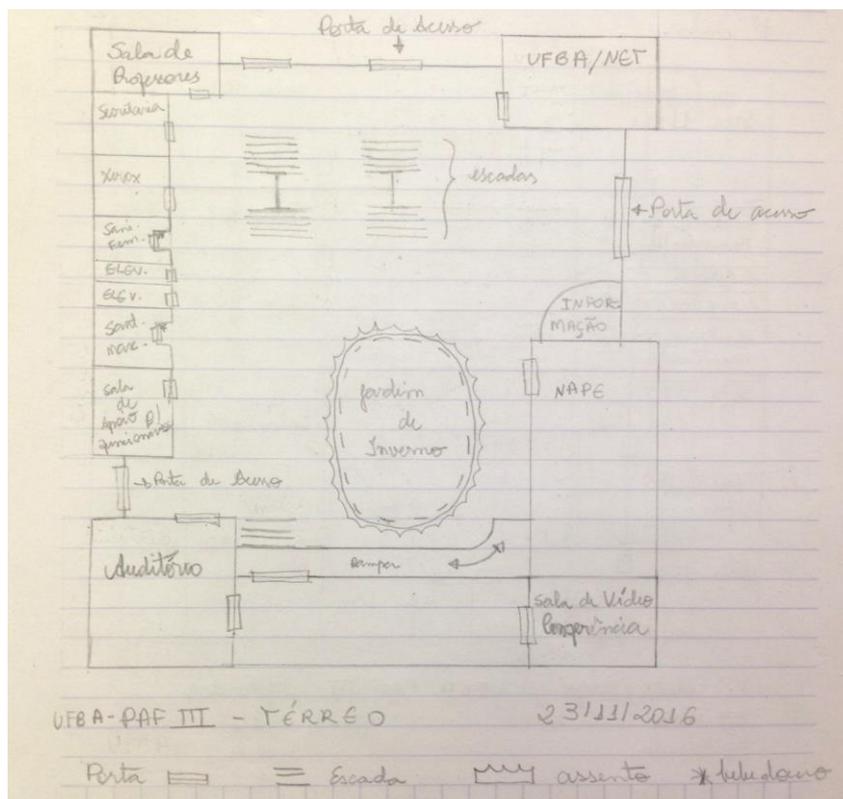


Fonte: SUMAI/UFBA, 2015.

Realizou-se um croqui da área para conhecer a funcionalidade de cada espaço do piso térreo do PAF III e generalizaram-se as informações contidas na planta, por simplificação do ambiente, utilizando um programa gratuito de projeto auxiliado por computador (*Computer Aided Design - CAD*) denominado *Google Sketchup 8*. Deste modo, o modelo 3D foi projetado com 224 mm no eixo x e 131 mm no eixo y, de modo proporcional à escala de 1:200.

O croqui representado pela Figura 11 contém os seguintes espaços: sala de professores, secretaria, xerox, sanitário feminino, sanitário masculino, sala de apoio para funcionários, auditório, sala de vídeo conferência, NAPE, setor de informação, setor de Internet da UFBA, jardim de inverso, e contém os seguintes elementos arquitetônicos: portas, elevadores, escadas, rampa, assento ao redor do jardim de inverno e paredes.

Figura 11 – Croqui do piso térreo do PAF III da UFBA



Fonte: Niédja Araújo, 2017.

Os mapas para pessoas com deficiência visual devem ser simplificados para melhorar a cognição desse público ao tatear o espaço representado cartograficamente, por esta razão, a generalização é um procedimento importante para a cartografia tátil.

7.2.2 Impressão 3D

A partir do CAD *sketchup 8* desenvolveram-se propostas de formas geométricas dos símbolos táteis tridimensionais. Devido à popularização do deste *software*, uma empresa privada o comprou, alterando seu nome para *Sketchup Pro* e tem investido em diversas ferramentas para atender aos usuários, porém, sem gratuidade, com exceção das versões temporárias para uso educacional.

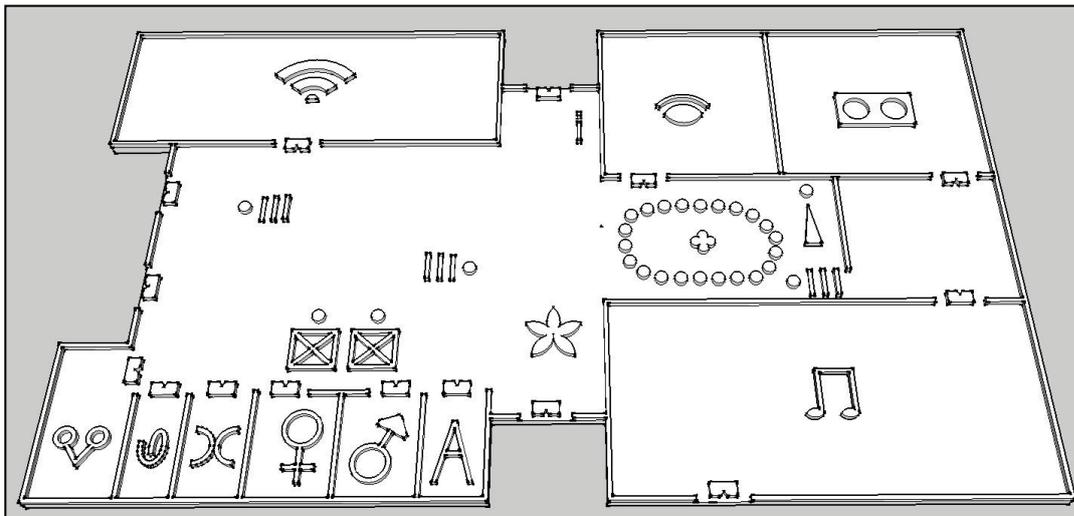
Outro exemplo de CAD que pode ser utilizado para modelar símbolos táteis são o AutoCAD, o *Revit Architecture*, *Solidworks* dentre outros, desde que seja possível projetar os símbolos em 3D e exportar os arquivos no formato *Stereolithography* (STL), ou estereolitografia, um formato padrão para arquivo tridimensional também conhecido por *Standard Triangle Language* – linguagem triangular padrão, expressão originada a partir da estereolitografia.

O arquivo STL foi enviado para a impressora 3D e utilizou-se o *software* Simplify3D, responsável por fazer a comunicação com o *hardware* da impressora, por realizar a inferência de possíveis erros no modelo digital e permitir a configuração dos parâmetros de impressão. Embora o acesso a este *software* não seja gratuito, existem outros programas de impressão 3D que podem ser utilizados gratuitamente, a citar, *Repetier* e *Cura 3D*.

O bico de extrusão da impressora realizou movimentos nos eixos x, y, enquanto a mesa de impressão deslocava-se no eixo z pra deposição das camadas de Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS) em estado de fusão, para construção do mapa contendo os símbolos cartográficos tridimensionais.

A fabricação digital possibilita inovação e versatilidade para produção de formas geométricas complexas. Assim, realizou-se a modelagem tridimensional do piso térreo do PAF III contendo os símbolos cartográficos (Figura 12) com simbologia associada à ideia conceitual do que está sendo representado cartograficamente pelo símbolo.

Figura 12 – Projeto do mapa tátil do piso térreo do PAF III da UFBA



Fonte: ARAÚJO *et al.*, 2017.

As propostas partiram de associações com ícones popularmente difundidos para videntes observando a suas propriedades de diferenciação tátil. Uma das propriedades a ser estudada diz respeito a associação semântica de formas identificadas nesses símbolos.

Pesquisas anteriores indicam que existe a possibilidade desta abordagem, pois a pessoa com deficiência visual se familiariza com as formas dos objetos através do tato e na fase de adaptação aperfeiçoa este sentido realizando-se associação semântica de ideias ou significados subjetivos à determinadas formas, tal qual usuários videntes fazem a associação semântica a símbolos pictóricos. Os arcos concêntricos utilizados para pontos de rede wi-fi foram extrudidos para formar um símbolo tridimensional análogo.

Da mesma forma outros símbolos propostos como o de desenho de olhos e sobrancelhas, clipe, nota musical foram estabelecidas a partir da simplificação e extrusão de símbolos pictóricos.

No Brasil, as pessoas com deficiência visual que têm oportunidade de serem alfabetizadas em Braille, também compreendem as letras do alfabeto latino, assim, algumas destas podem ser utilizadas como propostas de símbolos, por exemplo, as letras “A”, “x” e “i” aplicadas nesta pesquisa.

O desafio do experimento constituiu em testar a associação do símbolo

pontual com os significados propostos ou mesmo verificar se existe ganho na memorização da legenda ou rapidez durante o reconhecimento do símbolo.

As associações foram as mais diversas para as representações cartográficas: a sala de professores remete à ideia de uma caricatura simplificada de coruja (símbolo da sabedoria) com seus olhos e bico, o da sala da secretaria remete um clipe, sanitário feminino e masculino com os símbolos universais vênus e marte, o da sala de apoio para funcionários remete a letra “A”, o de auditório à ideia de som representado pela nota musical da união de duas colcheias.

O mesmo ocorre com a sala de vídeo conferência partindo da ideia de uma fita cassete, utilização do desenho da letra “i” como símbolo para dar ideia de setor de informação, a copiadora representada pela letra “x” que remete a ideia de xerox - uma metonímia popular no Brasil para este serviço.

O jardim de inverno foi associado ao símbolo que lembra uma flor e o NAPE lembra um olho com uma sobrancelha, dando a ideia de assistir, de olhar para as necessidades educacionais distintas de cada aluno.

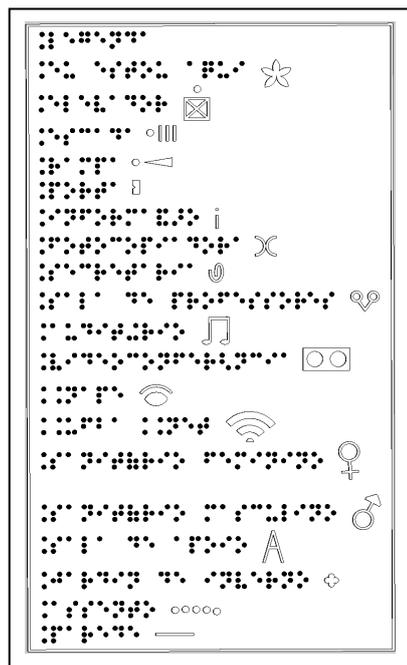
A área do piso térreo em relevo possui 4mm no eixo z, 228 mm no eixo x e 133 mm no eixo y compatível com a mesa de impressão da impressora 3D utilizada na pesquisa. De acordo com Nogueira (2007) a extensão de um mapa tátil não deve ultrapassar o limite de duas mãos, pois as pessoas cegas podem ter dificuldade para se orientar em mapas com maiores dimensões.

Os outros símbolos projetados para elevador, escada, porta, paredes, rampa e “eu estou aqui” foram modelados a partir de propostas encontradas no catálogo de símbolos e materiais de mapas táteis para mobilidade disponibilizados pelo LabTATE (2007) e também sugestões de outros autores revisadas na dissertação de Bem (2016).

As palavras em Braille foram obtidas através de transcrição realizada pelo aplicativo Braille Fácil, desenvolvido pelo Instituto Benjamin Constan. Ao obter a escrita pantográfica realizou-se o modelo digital da legenda contendo os símbolos e os seus respectivos nomes.

A extensão da legenda ocupou quase a área total da mesa de impressão. As dimensões corresponderam a 4mm no eixo z, 278,3 mm no eixo x e 157,6 mm no eixo y (Figura 13). Deste modo, o mapa e a legenda foram impressos individualmente devido à limitação da extensão da mesa de impressão e posteriormente foram fixadas sobre papel Paraná com auxílio de fita adesiva dupla.

Figura 13 – Projeto da legenda do mapa tátil do piso térreo do PAF III da UFBA



Fonte: Niédja Araújo, 2017.

O mapa tátil do PAF III, impresso a partir dos modelos digitais realizados nesta pesquisa, ainda não contém todos os elementos principais de um mapa, a citar: o título, a escala, a orientação, a margem, dentre outros.

Os elementos cartográficos ausentes serão fabricados nos próximos projetos de pesquisa desenvolvidos pela Escola Politécnica e após a fabricação e avaliação dos elementos necessários, o mapa será doado para o PAF III.

Agendaram-se entrevistas com voluntários da UFBA e ICB para verificar a cognição do mapa e as qualidades táteis dos símbolos.

Elaborou-se a legenda do mapa tátil, constando todos os símbolos e suas descrições em Braille.

Na primeira coluna de uma cela Braille localizam-se os pontos 1, 2 e 3, enquanto na segunda coluna os pontos 4, 5 e 6. Esta cela básica possui tamanho ideal para abrangência tátil da polpa digital e proporciona a construção de 63 combinações para a formação das letras e sinais de pontuação, além do espaço vazio para indicar palavras diferentes.

Após conclusão dos experimentos foi possível propor parâmetros de impressão para elaboração de mapas táteis com tecnologia de impressoras 3D visando orientar outros profissionais da área de cartografia tátil a elaborarem mapas desta natureza utilizando o método FDM.

Os parâmetros utilizados nesta pesquisa poderão ser utilizados em outras impressões realizadas com o mesmo material e impressora do mesmo modelo. Não foram realizados testes em impressoras de outra fabricante, mas existe a possibilidade dos resultados serem similares em modelos compatíveis.

Vale ressaltar que uma impressora fechada pode desenvolver peças com pouca interferência do ambiente externo, da temperatura ambiente e elementos existentes no ar.

A variação da espessura do bico de extrusão, temperatura da mesa de impressão e de fusão do material, assim como a velocidade de impressão e umidade do material utilizado, também podem influenciar positivamente ou negativamente no resultado da impressão final do objeto, sendo interessante realizar experimentos que permitam inferir as condições ideais de configuração para o melhor resultado possível de impressão.

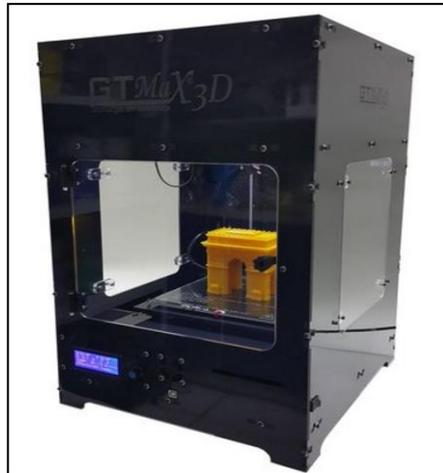
7.3 Impressora GTMAX 3D

O Laboratório do Instituto de Humanidades, Artes e Ciências Professor Milton Santos (IHAC/UFBA) denominado Espaço Aberto de Criação e Inovação (IHAClab-i), localizado no campus de Ondina, em Salvador (BA) possui uma impressora 3D do modelo GTMAX3 utilizada nesta pesquisa para impressão dos experimentos.

A impressora GTMAX 3D, representada pela Figura 14, visa a produtividade e facilidade de uso, podendo imprimir peças de grande dimensão

ou imprimir várias peças de uma só vez. Possui em sua área de impressão: X = 300mm (largura); Y = 200mm (profundidade); Z = 250mm (altura) e o volume total da área de impressão corresponde a 15000cm³.

Figura 14 – Impressora GTMAX 3D



Fonte: GTMAX 3D, 2017.

Ela realiza autonivelamento da mesa de impressão, possui gabinete fechado, facilitando a impressão com materiais que sofrem contração como o ABS. Sua tecnologia cinemática garante alta velocidade de deslocamento, de repetitividade e a impressão é realizada por um sistema que deixa a cabeça de impressão leve, garantindo uma qualidade superior à de outros sistemas.

Esta impressora possui bivolt automático para operar com 127v ou 220v, tela de cristal líquido (*liquid crystal display* - LCD) com entrada para cartão de memória digital (*Secure Digital* - SD), sendo desnecessária a conexão com um computador para efetuar a impressão, embora inclua porta de barramento serial universal (*Universal Serial Bus* - USB) para viabilizar tal conexão.

Possui gabinete em fibra de madeira de densidade média (*Medium Density Fiberboard* - MDF) revestido na cor preta tem a função de garantir estabilidade dimensional, resistir alta temperatura interna e ser bom isolante térmico. A lateral frontal e fechamento superior são compostas por acrílico para visualização da área de impressão.

A mesa de impressão em alumínio aquece entre 2 a 7 minutos a 110°C e a impressão é realizada nesta mesa fixa sem deslocamento nos eixos X e Y, ou seja, seu deslocamento ocorre no sentido vertical (Z) fator que beneficia a qualidade de impressão e sua velocidade.

O extrusor e suporte de filamento são acessíveis e fáceis de realizar a limpeza e troca de filamento. O Hotend, ou cabeça de impressão, suporta filamentos com 1.75mm e o bico possui 0.4mm com capacidade de suportar até 295°C.

Em relação à velocidade de impressão pode alcançar até 120mm/s; a velocidade de deslocamento até 200mm/s e as camadas podem ser produzidas com altura de 0,05mm à 0,32mm (GTMAX 3D, 2017).

7.4 Cognição de símbolos táteis

De acordo com Oliveira (2008) a semântica é considerada como o estudo do significado, deste modo, confere uma área complexa pela subjetividade de cada pessoa acerca do objeto estudado e do seu significado, dentre outras razões teóricas, filosóficas e linguísticas relacionadas à natureza do conceito.

Os estudos da semântica iniciaram na Antiguidade, contudo, as pesquisas apontam que o termo “semântica” foi criado no século XIX, com origem grega na palavra *semantiké*.

Na semântica cognitiva o adjetivo “cognitiva” está relacionado aos estudos semânticos que consideram a cognição humana, ou seja, o significado das coisas a partir das experiências do falante-ouvinte e do ambiente sociocultural que a pessoa se encontra (OLIVEIRA, 2008). Deste modo, a cognição tátil envolve:

processos como raciocínio, percepção, atenção, memória entre outros fatores que almejam promover a construção do conhecimento na mente. Ela inicia com a captação dos objetos pelos órgãos sensoriais através da percepção e intensifica a atuação a partir do relacionamento com o conteúdo registrado na memória (SILVA & FERREIRA DA SILVA, 2013, p. 501)

A cognição dos símbolos cartográficos táteis foi avaliada na etapa final da pesquisa por pessoas cegas. Foi avaliada a cognição dos símbolos táteis como péssima, ruim, regular, boa e excelente, e, a avaliação do *layout* do mapa do piso térreo do PAF III, sua funcionalidade para tomada de decisões e verificar a legibilidade da escrita Braille.

Jehoel (2007) propõe 8 categorias de avaliação para mapas táteis: i) sensação ao toque (*feel of material*): a sensação ao toque representa a percepção instantânea sobre a qualidade do material a partir da sensação obtida através do tato; ii) clareza (*clarity*): percepção dos detalhes geométricos dos símbolos; iii) Elevação (*elevation*): relevo representado pela saliência vertical do símbolo em relação ao plano de impressão; iv) Braille: inclui as características de clareza, elevação e espacialização das celas Braille; v) desenho do símbolo (*symbol design*): percepção sobre o desenho e dimensões dos símbolos; vi) detectabilidade do símbolo (*symbol discriminability*): singularidade dos símbolos integrando o desenho, textura, elevação, intuitividade e forma de manifestação (ponto, linha, polígono); vii) Intuitividade do símbolo (*intuitiveness of symbol meaning*): interpretação espontânea sobre o significado do símbolo; viii) *Layout*: apresentação do mapa considerando-se a espacialização dos elementos e facilidade de compreender as informações existentes.

Deste modo, utilizaram-se estas categorias de avaliação, com algumas variações: o Braille e o Layout foram avaliados à parte das demais categorias que receberam pontuações entre 1 e 5, variando entre péssimo (1), ruim (2), regular (3), bom (4) e excelente (5).

Optou-se por individualizar a variável “tamanho” da categoria Desenho e a variável clareza foi agregada à detectabilidade. Neste contexto o tamanho confere às dimensões do símbolo nos eixos “x” e “y”. Organizou-se a metodologia dessa forma para detalhar as análises com as variáveis de interesse para identificar os símbolos mais cognoscíveis. O Quadro 1 representa as categorias analisadas com adaptação da proposta de JEHOEL (2007).

Quadro 1 – Categorias de análise dos símbolos táteis

Categoria de Análise	Descrição
Sensação ao Toque	Percepção instantânea sobre a qualidade do material a partir da sensação obtida através do tato.
Detectabilidade	Capacidade de individualização do símbolo no mapa a partir da percepção dos detalhes geométricos existentes
Elevação	Relevo representado pela saliência vertical do símbolo em relação ao plano de impressão
Desenho	Forma geométrica do símbolo
Dimensões	Percepção sobre as dimensões dos símbolos nos eixos “x” e “y”
Intuitividade	Interpretação espontânea sobre o significado do símbolo

Fonte: Niédja Araújo, modificado de JEHOEL, 2007.

O Quadro 2 a seguir apresenta a avaliação realizada sobre a qualidade do mapa, contudo, não foram pontuadas como as demais categorias, porque, foram analisadas com base na entrevista semiestruturada e informações espontâneas manifestadas durante a avaliação do mapa.

Quadro 2 – Categorias de análise do mapa tátil

Categoria de Análise	Descrição
<i>Layout</i>	Apresentação do mapa considerando-se a espacialização dos elementos e facilidade de compreender as informações existentes.
Braille	Forma, elevação e espacialização das celas Braille

Fonte: Niédja Araújo, modificado de JEHOEL, 2007.

Assim, realizou-se monitoramento do tempo que o avaliador utilizou para encontrar cada símbolo no mapa e relacionaram-se algumas categorias para verificar correlação entre elas.

8 RESULTADOS E ANÁLISES

8.1 Mapa tátil da UFBA

A partir dos depoimentos de uma arquiteta da Superintendência de Meio Ambiente e Infraestrutura da UFBA (SUMAI) e de estudantes com deficiência visual vinculados à UFBA, bem como dos trabalhos de campo realizados no segundo semestre de 2016, verificou-se que os espaços físicos da UFBA necessitam ser reestruturados para acolher principalmente as pessoas com deficiências motora ou visual, entretanto, a universidade não dispõe de recursos suficientes para reformar as calçadas, acessos e realizar outras reformas estruturais, embora existam projetos com esta finalidade, por exemplo, o projeto Campus Acessível da UFBA. A Figura 15 a seguir representa alguns problemas relacionados à acessibilidade verificados em campo.

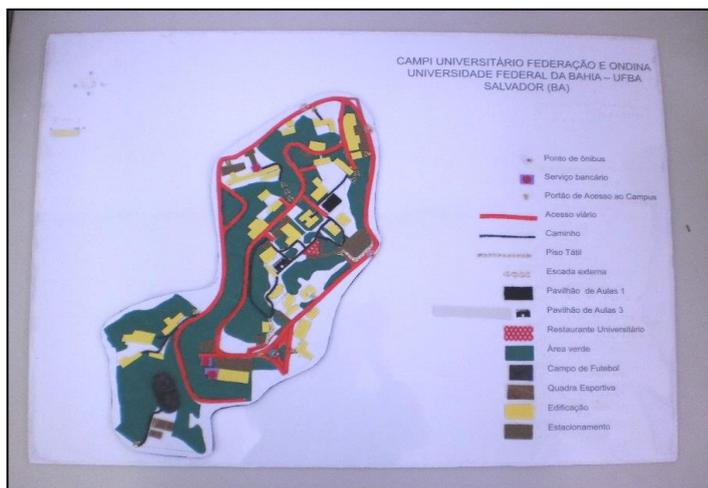
Figura 15 – Representação de alguns problemas relacionados à acessibilidade no Campus Ondina da UFBA



Fonte: Niédja Araújo, 2016

Após realização dos questionários e aquisição do material artesanal, elaborou-se um mapa artesanal tátil dos campi Ondina e Federação (Mapa 6). Foram representados 15 tipos de elementos na legenda, sendo 08 tipos zonais, 04 tipos lineares e 03 tipos pontuais.

Mapa 6 – Campi Ondina e Federação da UFBA em material tátil artesanal



Fonte: Niédja Araújo, 2016.

A Figura 16 corresponde à execução da etapa de avaliação do mapa tátil, apresentando uma pessoa do sexo feminino que possui baixa visão, posicionada à direita do mosaico e uma cega do sexo masculino à esquerda.

Figura 16 – Mosaico apresentando estudantes com deficiência durante avaliação do mapa tátil dos campi Ondina e Federação da UFBA



Fonte: Niédja Araújo, 2016.

Em relação à mobilidade nos campi da UFBA verificou-se insatisfação dos estudantes sobre a infraestrutura universitária devido à falta de rotas

sinalizadas, poucos trechos com piso tátil e a má qualidade das calçadas que os deixam inseguros para circularem nos campi.

Deste modo, um mapa tátil dos campi seria útil para orientação, mas não auxiliaria na mobilidade visto que o ambiente “*outdoor*” da universidade não oferece condições para deslocamentos autônomos a partir da interpretação de um mapa.

No mapa tátil elaborado priorizou-se representar a localização de edificações, áreas pavimentadas, áreas verdes, portões principais, ponto de ônibus, banco, universitário, escadas que interligam Ondina e Federação, sugestões estas consideradas essenciais pelos alunos entrevistados.

Um dos estudantes sugeriu conter em cada portão principal um mapa tátil representando o entorno da área de cada um dos portões, porque, seria possível representar as informações espaciais com mais detalhes.

Os estudantes que avaliaram o mapa interpretaram que a UFBA possui muita área verde e várias edificações, localizaram pontos de ônibus, serviço bancário, portão principal, contudo, o estudante cego ao tatear as feições lineares no mapa correspondentes aos acessos para pessoas em cadeira de rodas e pedestres, ou, acessos para veículos automotores, inferiu que as texturas ficaram parecidas, embora na legenda fosse perceptível a diferença entre elas.

Vale ressaltar que ambos compreenderam a escala do mapa, utilizando como referência a escala gráfica em relevo com extensão representativa para 100 metros. A escola politécnica possui 192 m de comprimento e os estudantes avaliaram que ela possui comprimento maior que 100 metros, assim a resposta permite confirmar a eficiência da escala para inferências de proporcionalidade em um mapa tátil.

A partir da experiência de produção e análise de um mapa tátil artesanal da UFBA, verificou-se que representar os campi Ondina/Federação em sua totalidade sem recursos multisensoriais, por exemplo, os recursos sonoros, seria complexo e cansativo para o usuário explorar todas as informações existentes, visto que, a estudante com baixa visão levou 2:34 para concluir a

avaliação e o estudante cego 1:02. Resultados mais detalhados sobre esta etapa da pesquisa podem ser encontrados no artigo intitulado - Construção do mapa tátil da Universidade Federal da Bahia¹.

Assim, o mais indicado seria particularizar os campi em pequenas áreas para facilitar a compreensão das informações para pessoas com deficiência visual e viabilizar a realização de impressões 3D de acordo com as dimensões da mesa de impressão.

Nesse contexto, a pesquisa foi direcionada para os estudos *indoors* na perspectiva de avançar nos conhecimentos sobre parâmetros dimensionais e formas geométricas compostas para símbolos cartográficos cognoscíveis pelo tato, possíveis de serem associadas ao elemento espacial representado.

8.2 Parâmetros dimensionais de símbolos cartográficos táteis

Os parâmetros dimensionais de símbolos cartográficos táteis são importantes para sugestões de padrões que possam ser reproduzidos em diferentes mapas.

Nos experimentos desta pesquisa a elevação (z) dos símbolos pontuais, a citar, NAPE e Sanitários, bem como os lineares, por exemplo, os bancos que cercam continuamente o jardim de inverno e paredes foram projetados com 1,5mm de elevação.

Conforme resultados de estudos bibliográficos investigados por Bem (2016) elementos em um mesmo mapa devem ter um espaçamento mínimo de 2,3mm a 3,0mm de qualquer outro elemento para que seja reconhecido. Deste modo, modelou-se o mapa com espaçamento a partir de 2,3mm entre os símbolos. A Tabela 7 apresenta os parâmetros tridimensionais utilizados na

¹ ARAÚJO, N. S.; CUNHA, A. A.; BRITO, P. L.; FERNANDES, V. O. Construção do mapa tátil da Universidade Federal da Bahia. In: COBRAC, 2016, Florianópolis, 2016. Disponível em <<http://www.ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobrac2016/paper/view/240>>.

pesquisa para os símbolos lineares e a Tabela 8 os parâmetros para os símbolos pontuais, incluindo parâmetros de profundidade, largura e elevação.

Tabela 7 – Parâmetros tridimensionais de símbolos cartográficos táteis lineares

Símbolo	Símbolo	Profundidade (y)	Elevação (z)
1 Parede		1,0 mm	1,5 mm
2. Assento		3,0 mm	1,5 mm

Fonte: Modificado de JEHOEL (2007). Nota: a forma linear pontilhada foi adaptação de Bem (2016) a partir de Angwin (1968) e Widel & Groves (1969).

O diâmetro dos pontos que formam a linha pontilhada para representar o símbolo de assento possui 3,0 mm e a distância entre o centro de um cilindro para outro foi correspondente a 4,5 mm conforme adaptações de outros autores realizadas por Bem (2016). A forma linear contínua foi adaptada de uma proposta realizada por Jehoel (2007) que originalmente são dimensões para linha dupla, porém, para representar a parede, optou-se por utilizar essas dimensões para uma linha apenas.

Tabela 8 – Parâmetros tridimensionais de símbolos cartográficos táteis pontuais

Nome do símbolo	Desenho do símbolo	Largura (x)	Profundidade (y)	Elevação (z)
3. UFBA/NET		3,0 - 21,1 mm	13,4 mm	1,5 mm
4. NAPE		14,1 mm	9,4 mm	1,5 mm
5. Sala de vídeo conferência		20,0 mm	10,0 mm	1,5 mm
6. Auditório		11,9 mm	12 mm	1,5 mm
7. Sala de Apoio		1,0 - 9,0 mm	14,2 mm	1,5 mm
8. Sanitário Masculino		0,8 - 9,0 mm	17,0 mm	1,5 mm
9. Sanitário Feminino		1,0 - 9,0 mm	17,0 mm	1,5 mm
10. Secretaria		1,0 - 6,2 mm	8,6 mm	1,5 mm
11. Sala de Professores		12,2 mm	9,2 mm	1,5 mm
12. Informação		1,0 mm	9,2 mm	1,5 mm
13. Elevador		11,0 mm	10,0 mm	1,5 mm
14. Eu estou aqui		12,7 mm	12,1 mm	1,5 mm
15. Escada		7,0 mm	7,0 mm	0,5 - 1,5 mm
16. Porta		6,0 mm	3,0 mm	1,5 mm
17. Rampa		11,8mm	4,0 mm	0,5 -1,5 mm
18. Jardim de Inverno		6,0 mm	6,0 mm	1,5 mm
19. Copiadora		9,1mm	8,9mm	1,5 mm

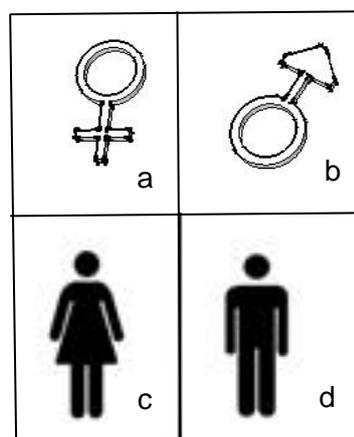
Fonte: Niédja Araújo, 2017. Nota: Os símbolos de Rampa, Elevador, Eu estou aqui e Escada foram adaptados de LabTATE, 2007; Símbolo de porta foi adaptado de Nottingham Map Markin Kit *apud* EDMAN, 1992 citado por BEM, 2016.

Os cilindros elaborados para informar a posição da pessoa em relação ao objeto, presentes na rampa, elevador e escada, possuem 3mm de diâmetro com 1,5 mm de elevação e os cilindros utilizados como banco ao redor do jardim de inverno foram elaborados com as mesmas dimensões. Vale ressaltar que os cilindros na frente dos símbolos de elevador e escada originalmente não existem da proposta do catálogo de símbolos e materiais de mapas táteis para mobilidade do labTATE (2007).

Neste sentido, acrescenta-se que o cilindro agregado ao triângulo da rampa original deveria estar posicionado posteriormente à base do triângulo, como foi proposto no catálogo citado, contudo, preferiu-se posicioná-lo no sentido inverso, como aparece na tabela, para indicar que à medida que o triângulo fica mais largo, significa que a elevação da rampa aumenta em relação ao cilindro que representa o observador teoricamente posicionado no início da rampa.

Os revisores do Instituto Benjamin Constant que participaram da pesquisa realizada por Bem (2016) sugeriram que os símbolos para representar sanitários femininos e masculinos fossem os símbolos Vênus e Marte, respectivamente. Deste modo, foram desenvolvidos os símbolos com as formas equivalentes. A Figura 17 representa os símbolos: (a) Vênus, (b) Marte, e os símbolos (c) feminino, (d) masculino, conforme a ABNT NBR 9050.

Figura 17 – Símbolos universais para feminino e masculino



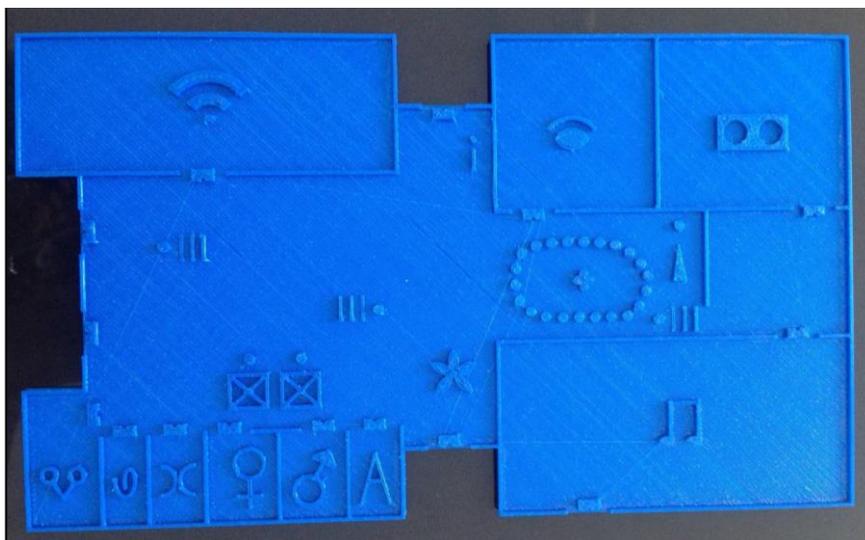
Fonte: ABNT NBR 9050, 2015;
Dicionários de símbolos, 2017.

Embora na ABNT NBR 9050 existam símbolos universais para sanitários, sendo uma pessoa com vestido para representar a ideia de feminino e uma pessoa sem detalhes para representar a ideia de masculino, nesta pesquisa optou-se por acatar a sugestão dos revisores do Instituto Benjamin Constant e considerou-se a propósito dos símbolos Vênus e Marte serem signos sem estereótipos.

8.3 Parâmetros de Impressão

Após a realização do projeto digital do mapa, realizou-se a sua impressão 3D, como representa a Figura 18.

Figura 18 – Impressão de mapa tátil 3D do piso térreo do PAF III da UFBA



Fonte: Niédja Araújo, 2017.

Esta primeira versão foi gerada com filamento de ABS na cor azul, a uma temperatura de 220° C no bico de extrusão e a mesa foi aquecida a 110° graus. A peça possui 224 mm no eixo x e 131 mm no eixo y e foi formada com deposição de 21 camadas sendo a primeira com 0,3mm e a partir da segunda camada o valor de 0,2 mm.

É importante que a primeira camada de impressão seja um pouco mais espessa do que as demais, pois, deve suportar as camadas superiores, então

precisa ser mais resistente. O tempo de duração da impressão foi de 2h37 e a velocidade máxima foi de 60 mm/s.

Este mapa ficou com as formas geométricas dos símbolos bem definidas, sem apresentar excesso de material entre os símbolos, assim foi utilizada para os testes de cognição desta pesquisa.

Entretanto a legenda precisou ser impressa três vezes para obter um resultado equivalente ao do mapa. Na primeira impressão ocorreu excesso de material entre os pontos Braille, como consta na Figura 19.

Figura 19 – Primeira Impressão 3D de legenda tátil do piso térreo do PAF III da UFBA



Fonte: Niédja Araújo, 2017.

Os detalhes dos excessos de material entre os pontos Braille podem ser percebidos em um recorte da legenda conforme a Figura 20. O ponto Braille por corresponder uma geometria semi-esférica requer detalhes na sua construção, pois os diâmetros das camadas vão reduzindo da base ao topo.

Deste modo, a velocidade do deslocamento da barra que movimenta o bico nos sentidos x e y e também a temperatura desse bico extrusor precisam

ser monitoradas para proporcionar uma impressão com a menor quantidade de material excedido.

Figura 20 – Excesso de material entre pontos Braille na legenda tátil do piso térreo do PAF III da UFBA



Fonte Niédja Araújo, 2017.

Esta legenda foi projetada com 0,3 mm na primeira camada e 0,2mm nas demais e o bico extrusor com 0,4mm de diâmetro, mesa aquecida a 110°, nas mesmas condições da impressão do mapa, com exceção da temperatura.

O experimento da legenda foi realizado com a temperatura para fusão do ABS a 240°C, visando analisar variações na resposta da impressão. No caso da forma cilíndrica localizada ao lado do elevador, da escada e da rampa, por exemplo, na Figura 21, notou-se que a mesma não apresentou o mesmo excesso de material entre esta geometria e a geometria vizinha. Entretanto, verificou-se que esses excessos podem estar associados ao aumento da temperatura que excedeu 20° em relação ao primeiro experimento.

Figura 21 – Cilindros com pouco excesso de material entre elementos de circulação vertical na legenda tátil do piso térreo do PAF III da UFBA



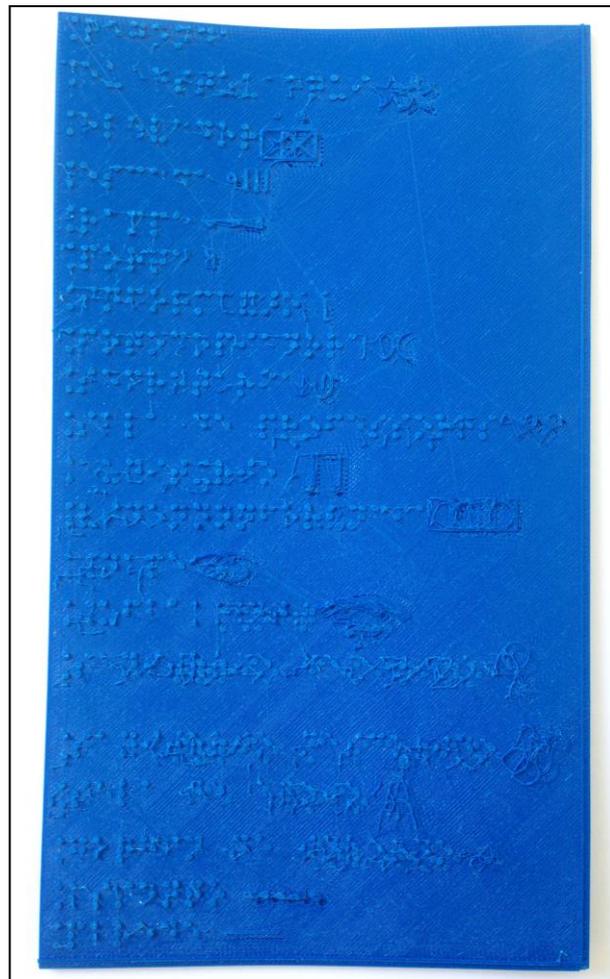
Fonte: Niédja Araújo, 2017.

O excesso de material entre os objetos impressos também pode estar associado à velocidade de impressão. Assim, é importante realizar experimentos com diferentes configurações para chegar a uma referência de parâmetros para impressão de mapas táteis 3D utilizando ABS.

Embora fosse possível realizar reparos manuais para remoção dos excessos utilizando-se uma lixa, optou-se por realizar uma nova impressão, alterando os parâmetros de velocidade e temperatura.

No segundo experimento da legenda ocorreu desalinhamento entre as camadas dos símbolos (Figura 22), isso indica que a peça pode ter se deslocado durante a impressão, mas também é importante considerar que o aumento da velocidade não favoreceu os resultados. A velocidade máxima de impressão foi 80mm/s, velocidade de contorno dos elementos 40mm/s, velocidade do preenchimento sólido dos elementos foi 56 mm/s, velocidade do bico nos eixos x e y foi de 150 mm/s, a velocidade da mesa no eixo z foi 40mm/s, a temperatura de fusão foi 220°C e a da mesa foi 110°.

Figura 22 – Segunda impressão 3D da legenda tátil do piso térreo do PAF III da UFBA



Fonte: Niédja Araújo, 2017.

A terceira impressão da legenda seguiu os seguintes parâmetros de impressão: velocidade máxima da impressão igual a 50mm/s, velocidade de contorno dos elementos 20mm/s, velocidade do preenchimento sólido dos elementos 25mm/s, velocidade do bico 150 mm/s, movimento da mesa 40 mm/s, temperatura de fusão 220°C, temperatura da mesa 110°C.

A qualidade do resultado desta impressão foi superior à daquelas realizadas anteriormente, conforme apresenta a Figura 23.

Figura 23 – Impressão final da legenda tátil do piso térreo do PAF III da UFBA

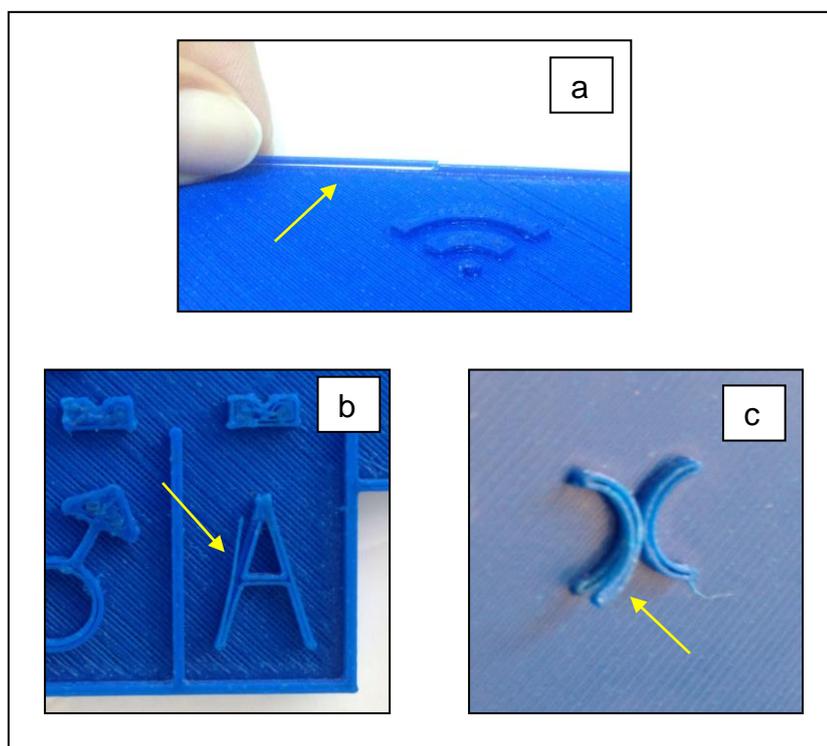


Fonte: Niédja Araújo, 2017.

Os símbolos ficaram bem definidos, praticamente sem excessos entre eles e os pontos Braille ficaram com as semi-esferas nítidas e aderentes. A realização dessas impressões possibilitou verificar os parâmetros de impressão que favoreceram a qualidade visual dos protótipos impressos, contudo para atender a finalidade de uso para pessoas cegas é necessário avaliar a qualidade de cognição tátil.

O bico extrusor com diâmetro de 0,4mm possibilitou a impressão de contornos formados por duas linhas, como é possível observar no símbolo de fotocopiadora representado pela letra “x” na Figura 23. Contudo, no processo de avaliação tátil observou-se que alguns contornos se descolaram da própria estrutura, como ocorreu nos símbolos: parede (a), sala de apoio (b) e fotocopiadora (c), onde os dois primeiros estão localizados no mapa e o último na legenda, apresentados na Figura 24.

Figura 24 – Símbolos com contorno descolado após avaliações táteis



Fonte: Niédja Araújo, 2017.

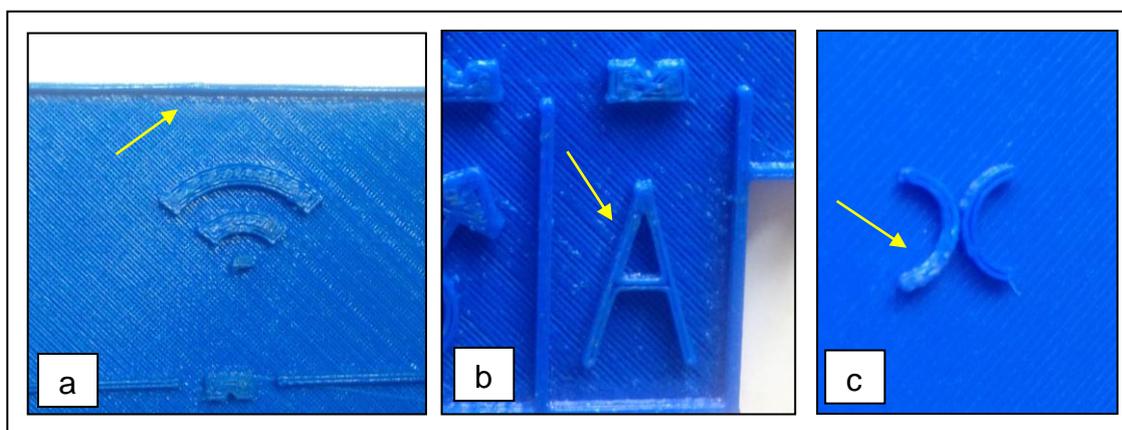
Além desses três exemplos, parte do contorno do símbolo parede na legenda também se deslocou e posteriormente foi reparado igualmente aos demais. A frágil aderência de símbolos sem preenchimento sólido sugere que novos testes de impressão sejam realizados com bicos de diâmetros inferiores a 0,4mm, por exemplo, os de 0,2 mm ou ainda menor.

Exemplificando o que ocorreu com o símbolo parede: este símbolo possui 1mm de espessura, formado por dois contornos de 0,4mm cada e um espaço vazio de 0,2mm entre ambos, ou seja, sem preenchimento. Deste modo, não

foi possível realizar o preenchimento nesse símbolo linear, porque, o tamanho do diâmetro do bico (0,4mm) ultrapassa o espaço de 0,2mm que completa a espessura total de 1mm que forma a linha (0,4+0,2+0,4).

O espaço vago de 0,2mm pode comprometer a aderência dos contornos, porém, estima-se que um bico com diâmetro menor poderia realizar esse preenchimento e tornar os símbolos mais resistentes ao toque. Para reparar a danificação ocorrida, utilizou-se cola instantânea para fixar os contornos em suas posições iniciais sem causar alterações significativas no relevo. São exemplos de símbolos reparados: parede (a), sala de apoio (b) e fotocopiadora (c) como apresenta a Figura 25.

Figura 25 – Símbolos com contorno reparado com cola instantânea

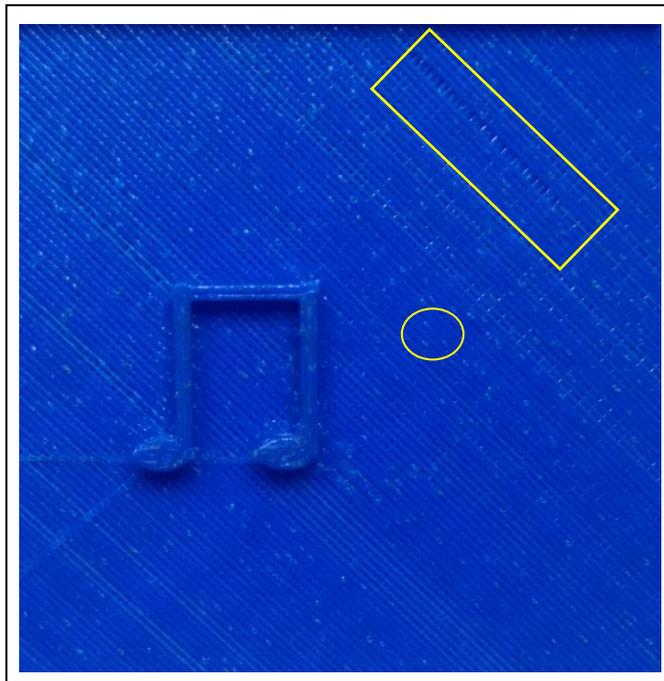


Fonte: Niédja Araújo, 2017.

Sobre cuidados com o material de impressão, é importante armazenar o ABS em local seco, pois, a umidade do ar onde o filamento estiver armazenado pode ser absorvida pelo material e durante a fusão pequenas bolhas de ar podem compor a estrutura do produto impresso.

Na Figura 26 são demonstrados exemplos de bolhas de ar inseridas no círculo amarelo e que estão presentes por toda parte da estrutura do mapa. Observou-se também a existência de espaços lineares vazios onde ocorreu descontinuidade de linhas de preenchimento sólido como aparece na área interna do retângulo amarelo inserido na mesma figura, provavelmente por ocorrência de entupimento parcial do bico durante o processo de impressão.

Figura 26 – Exemplo de bolhas de ar agregadas na estrutura da impressão 3D e espaço linear vazio pela descontinuidade de linhas de preenchimento sólido

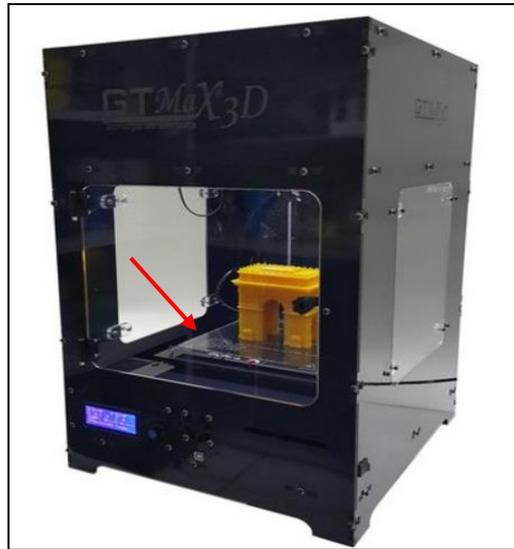


Fonte: Niédja Araújo, 2017.

A umidade presente no material é uma variável que merece ser avaliada para indicação das condições ideais do seu armazenamento, bem como estudos correlacionando qualidade de aderência da estrutura, qualidade visual e qualidade tátil com as condições de umidade no filamento.

A legenda final não apresentou bolhas em sua estrutura, pois, o tubo de filamento de ABS ficou armazenado dentro do gabinete da impressora, abaixo da mesa de impressão, recebendo o calor interno produzido durante a realização de outras impressões, alguns dias antecedentes ao momento do experimento. A Figura 27 ilustra a localização da mesa de impressão dentro do gabinete da impressora GTMAX3D, conforme a indicação da seta em vermelho.

Figura 27 – Localização da mesa de impressão dentro do gabinete da impressora 3D



Fonte: GTMAX 3D, 2017.

Embora a impressão a partir do método FDM apresente restrições na qualidade de impressão, ainda assim, trata-se de uma tecnologia promissora para popularização de mapas 3D visando comunicar informações espaciais para pessoas com deficiência visual.

A partir dos resultados obtidos durante os testes, novas impressões poderão ser realizadas em pesquisas futuras a fim de aprimorar os parâmetros referentes às configurações de impressão para produzir mapas táteis com ABS e contribuir para melhorar a qualidade de símbolos cartográficos táteis.

8.4 Cognição tátil de símbolos cartográficos semânticos

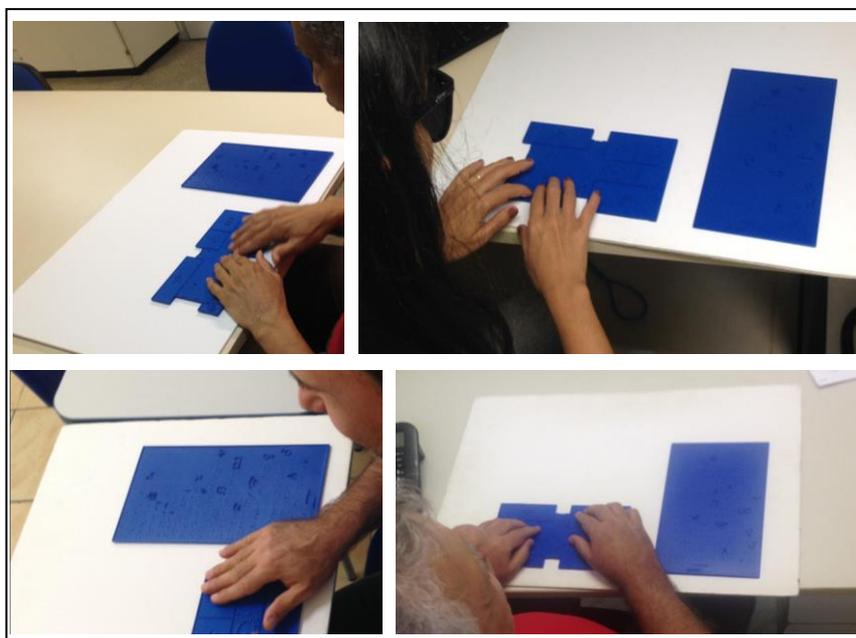
De acordo com estudos realizados por JEHOEL (2007) considerando a avaliação de mapas táteis por pessoas com deficiência visual, os símbolos maiores são mais fáceis de usar e de sentir, entretanto, quando são exagerados podem dificultar o entendimento, assim, é importante que o usuário possa sentir o símbolo inteiro abaixo da ponta do dedo. A discriminabilidade de símbolos com diferenças bastante distintas entre si favorecem a leitura de

mapas táteis, pois, são mais contrastantes e os símbolos intuitivos podem facilitar a leitura.

Considerando tais informações, foram elaborados nesta pesquisa símbolos com diferentes dimensões e formas com a finalidade de obter respostas intuitivas sobre o significado dos símbolos. Em seguida foram realizados os testes de cognição com base nas categorias de análise sistematizadas por JEHOEL (2007).

As avaliações do mapa foram realizadas entre os meses de outubro e novembro de 2017 de acordo com a disponibilidade de cada voluntário. Dois avaliadores da UFBA marcaram dois encontros e uma avaliadora do ICB marcou três encontros, entretanto, os outros cinco participantes realizaram as avaliações em apenas um encontro. A Figura 28 a seguir representa um mosaico com alguns dos avaliadores realizando o teste de cognição dos símbolos e interpretação do mapa, dois vinculados à UFBA e dois vinculados ao ICB.

Figura 28 – Mosaico com alguns avaliadores realizando teste de cognição do mapa tátil do piso térreo do PAF III da UFBA



Fonte: Niédja Araújo, 2017.

Cada avaliação durou menos de duas horas, tempo necessário para o preenchimento dos seguintes dados: i) questionário com as categorias de

análise para cada símbolo, ii) preenchimento do questionário sobre avaliação qualitativa do mapa tátil para mobilidade, iii) Descrição do perfil de cada um dos avaliadores (Quadro 3).

Quadro 3 – Perfil dos avaliadores do mapa tátil

Avaliador	Sexo	Cegueira	Fase em que ocorreu a cegueira	Faixa etária	Alfabetizado: a) Braille b) Alfabeto latino	Escolaridade
001	M	congenita	infância	>50	a) sim b) sim	nível superior
002	M	adquirida	adolescência	30-40	a) sim b) sim	nível superior
003	M	adquirida	adulta	>50	a) não b) sim	nível superior
004	M	adquirida	adulta	>50	a) em alfabetização b) sim	nível superior
005	F	congenita	adolescência	30-40	a) sim b) sim	nível superior
006	M	congenita	infância	41-50	a) sim b) sim	nível superior
007	F	adquirida	adulta	30-40	a) sim b) sim	nível superior
008	F	adquirida	adulta	41-50	a) sim b) sim	nível superior

Fonte: Niédja Araújo, 2018.

Todos os avaliadores possuem nível superior e são alfabetizados no alfabeto latino, entretanto um deles não é alfabetizado em Braille e outro está iniciando a alfabetização nesta escrita. Em relação a estes dois avaliadores realizou-se audiodescrição das palavras em Braille contidas na legenda. Os avaliadores com cegueira adquirida correspondem a 62,5% do total de avaliadores, assim, dentre os oito avaliadores, apenas três pessoas possuem cegueira congênita e a maioria deles é sexo masculino, sendo apenas 3 do sexo feminino.

Vale ressaltar também que os avaliadores cegos vinculados ao ICB reservaram intervalos durante o expediente de trabalho para realizarem os testes de cognição do mapa e frequentemente as avaliações foram interrompidas quando estes eram requisitados durante o teste. Dois estudantes

da UFBA também tiveram compromissos acadêmicos próximos do horário dos testes, necessitando por tanto de dois encontros para conclusão das avaliações.

Deste modo, dedicaram-se três semanas para realização dos testes de cognição, alguns encontros foram desmarcados e remarcados, em função de outras prioridades dos avaliadores que coincidiram com o agendamento dos testes. Em outra ocasião, um dos testes foi suspenso e remarcado devido à visita do artista baiano Carlinhos Brown ao ICB para divulgação em telejornal da campanha "Imagina som" beneficente às atividades realizadas pelo instituto, nas laterais da Fotografia 3 estão duas servidoras do ICB e no centro Carlinhos Brown ao lado da pesquisadora expondo o mapa tátil do piso térreo do PAF III.

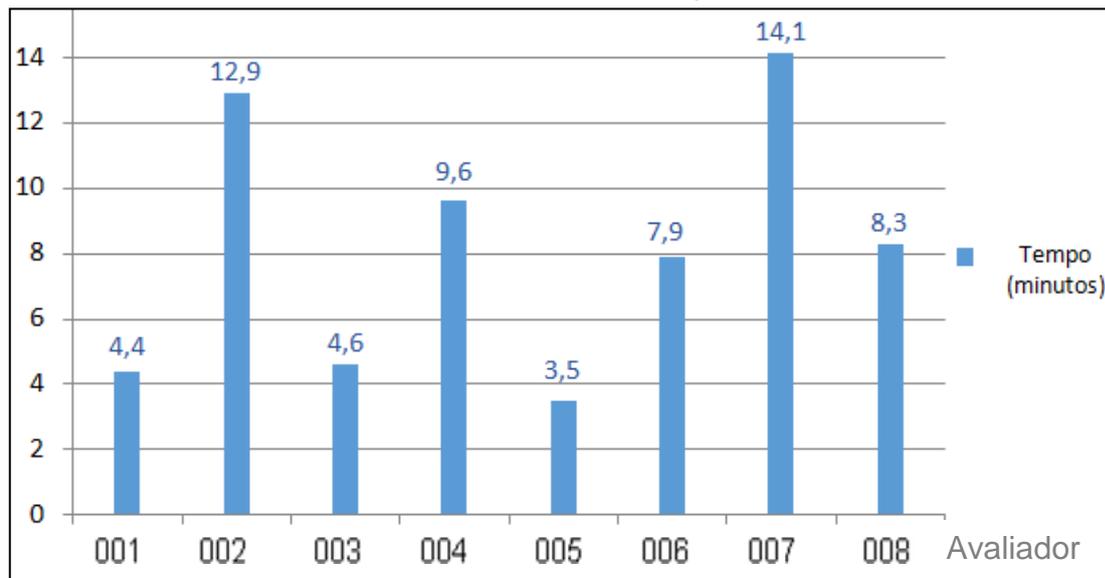
Fotografia 3 – Campanha "Imagina Som" no Instituto de Cegos da Bahia, 2017



Fonte: Niédja Araújo, 2017.

Embora algumas eventualidades tenham ocorrido durante as avaliações, o tempo utilizado para localizar os 19 símbolos no mapa foi relativamente rápido, variando entre 3,56 minutos e 14,11 minutos. O Gráfico 1 apresenta os minutos que cada avaliador utilizou para concluir a localização dos símbolos durante o teste.

Gráfico 1 – Tempo utilizado para concluir a localização dos símbolos no mapa tátil



Fonte: Niédja Araújo, 2018.

As duas pessoas que utilizaram mais tempo para finalizar a localização dos símbolos no mapa (14,1 e 12,9 minutos) não conhecem o PAF III presencialmente e durante a avaliação informaram que preferem solicitar informações oralmente para tomar decisões dentro de um espaço, ao invés de buscar as informações de um mapa tátil.

Os outros seis avaliadores demonstraram mais interesse para explorar o mapa e desempenharam a atividade mais rapidamente. O avaliador que utilizou 4,4 minutos também não conhece o PAF III presencialmente, mas durante a avaliação ele informou que gosta de explorar mapas táteis e que no cotidiano ele faz representações espaciais utilizando papel microcapsulado e maquina fusora (impressora térmica).

Um avaliador que frequenta o PAF III concluiu a avaliação dos símbolos em 9,6 minutos. Outros três avaliadores que não frequentam o espaço localizaram todos os símbolos em 4,4; 7,9 e 8,3 minutos.

Deste modo, uma pessoa que não frequenta o ambiente representado cartograficamente pode realizar a interpretação do mapa de modo mais rápido do que uma pessoa que frequenta. Entretanto, os outros dois avaliadores que frequentam o PAF III rapidamente concluíram a localização dos símbolos em 3,5 e 4,6 minutos.

Assim, a agilidade para interpretar um mapa é subjetiva, pode estar associada à ideia prévia da configuração espacial por quem frequenta o ambiente; ao grau de interesse do usuário em explorar o mapa tátil; à capacidade de memorização dos detalhes do símbolo da legenda para reconhecê-los no mapa, dentre outras variáveis.

O mapa tátil contém símbolos que foram projetados com tamanho que excedem a extensão de uma cela Braille, alcançando a extensão de até 04 celas, ou seja, em torno de 22 mm.

Notou-se que para símbolos de mobilidade *indoor* com formas geométricas compostas, ou seja, com mais detalhes do que formas básicas como quadrado, triângulo, retângulo, dentre outros, os avaliadores em geral aprovaram a ideia de serem maior do que uma cela Braille por facilitar a compreensão dos detalhes geométricos.

Os símbolos maiores, correspondentes à sala de videoconferência e UFBA NET tiveram uma média entre bom e excelente, referente à categoria dimensões, ou seja, 5 e 4,5 pontos respectivamente, mas as oito pessoas concordaram que poderiam ser um pouco menores.

Ao realizar o questionamento sobre qual objeto o desenho da sala de videoconferência aparentava, duas pessoas inferiram parecer um óculos e as outras apenas inferiram ser um retângulo com dois círculos vazados dentro, mas não associaram à nenhum objeto que conhecessem, deste modo a intuitividade deste símbolo foi considerada regular com média de 3,5 pontos.

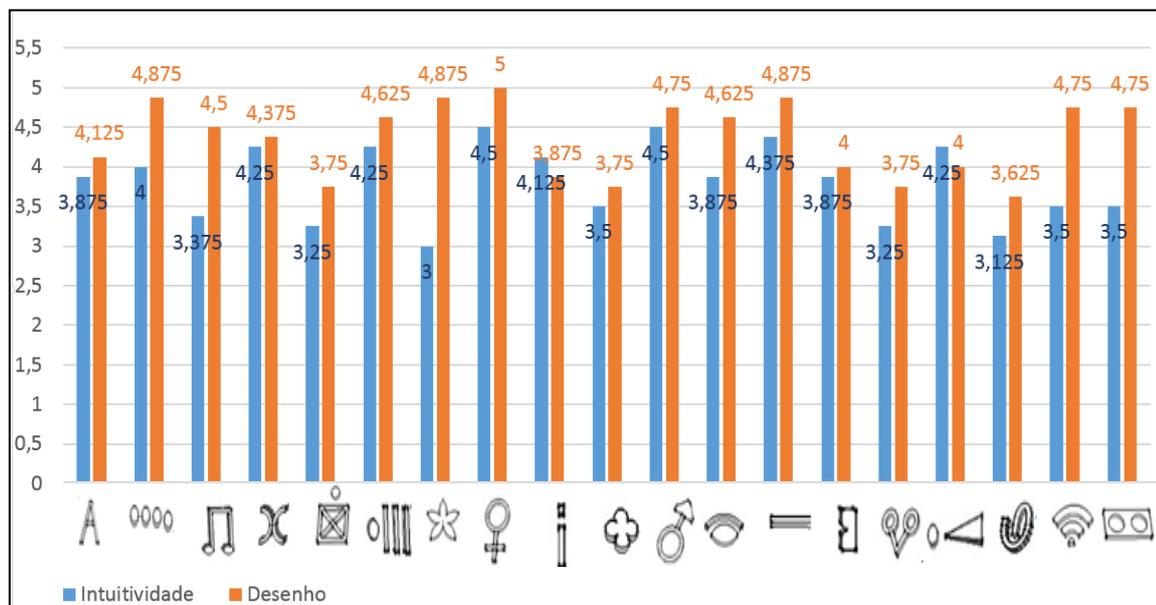
Após mencionar-se que a ideia proposital corresponde a uma fita cassete, então, as opiniões foram positivas sobre a intuição do desenho para esse elemento, porém ela não partiria espontaneamente deles.

Embora a intuitividade do desenho tenha sido classificada regular, os avaliadores classificaram o desenho de fita cassete entre bom e excelente, com média de 4,75 pontos. Dentre os comentários realizados durante a avaliação do símbolo videoconferência, duas pessoas sugeriram que ele fosse representado pelo desenho de uma câmera em perfil (exemplo, um retângulo na horizontal com um triângulo posicionado na lateral direita).

Os símbolos de informação e secretaria precisam ser melhorados em ambas categorias e todos aqueles que precisam melhorar a detectabilidade também levaram mais tempo para serem localizados no mapa.

A seguir, investigou-se a relação cognoscível entre a intuitividade e o desenho dos símbolos conforme o resultado apresentado pelo Gráfico 2.

Gráfico 2 – Relação cognoscível entre as médias de intuitividade dos símbolos



Fonte: Niédja Araújo, 2018.

A intuitividade refere-se à interpretação espontânea sobre o significado do símbolo, e, o desenho refere-se à forma geométrica do símbolo. A média das avaliações permitiu generalizar três grupos de símbolos: o primeiro “bom a excelente”, o segundo “bom a regular” e o terceiro “regular”. Quase todos os símbolos com intuitividade entre 3 e 4 pontos possuem a mesma média em relação ao desenho, contudo, os símbolos considerados razoáveis precisam ser melhorados ou substituído. O Quadro 4 a seguir resume a análise.

Quadro 4 – Relação cognoscível entre intuitividade e desenho dos símbolos

Símbolo	Intuitividade e desenho Boa a Excelente	Intuitividade e Desenho Regular a Bom	Intuitividade e Desenho Regular
	X		
		X	
			X

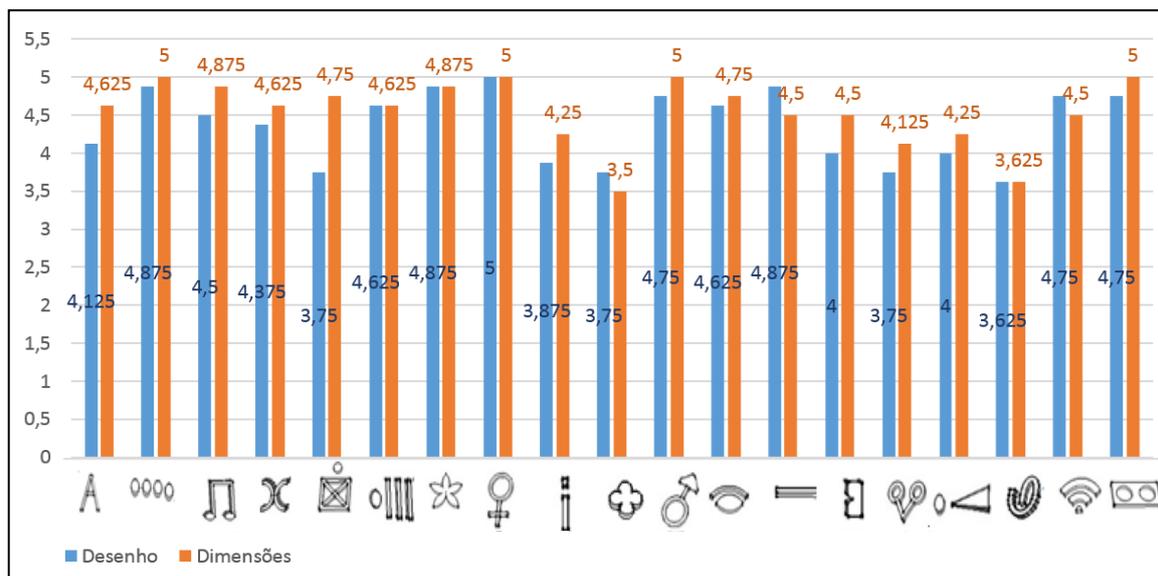
Fonte: Niédja Araújo, 2018.

A partir da síntese do Quadro 3 os desenhos dos símbolos informação, jardim de inverno, elevador, sala de professores e secretaria precisam ser revisados e todos estes com exceção do símbolo informação, também poderiam ter uma melhor intuitividade. A maior parte dos símbolos representada por 14 símbolos foi avaliada no geral como bom e excelente em ambas categorias.

Uma opção para substituir o símbolo informação com desenho da letra “i” seria o desenho de interrogação que faz parte dos símbolos oficiais da ABNT NBR9050. Entretanto para representar uma secretaria seria necessário propor novas ideias.

Considerando os dados sobre desenho e dimensões do símbolo gerou-se o Gráfico 3 para avaliar a relação cognoscível entre ambas categorias. As dimensões referem-se ao tamanho do símbolo, considerando os eixos “x” e “y” do desenho.

Gráfico 3 – Relação cognoscível entre as médias de desenho dos símbolos

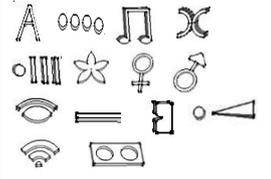


Fonte: Niédja Araújo, 2018.

Verificaram-se que os símbolos: sala de apoio, assento, auditório, fotocopiadora, escada, estrela, sanitário feminino, sanitário masculino, NAPE, parede, porta, rampa, UFBA NET e videoconferência foram um grupo de 14 símbolos avaliados entre bom e excelente conforme as opiniões das pessoas cegas que participaram da pesquisa, com médias entre 4 e 5 pontos.

Entretanto, os símbolos: elevador, sala de professores e informação, poderiam ser representados por desenhos melhores, mas as dimensões foram avaliadas entre boas e excelentes. Todavia, os símbolos: jardim de inverno e secretaria foram avaliados como razoáveis em relação ao desenho e às dimensões. O Quadro 5 a seguir sintetiza esta análise.

Quadro 5 – Avaliação comparativa entre as médias de desenho dos símbolos

Desenho do Símbolo	Desenho e Dimensões Bom a Excelente	Desenho e Dimensões Regular a Bom	Desenho e Dimensões Regular
	X		
		X	
			X

Fonte: Niédja Araújo, 2018.

Deste modo, os símbolos avaliados como razoáveis nas categorias desenho e dimensões devem ser revisados, visto que, a intuitividade também não foi satisfatória.

Sobre a elevação dos símbolos que confere ao relevo representado pela saliência vertical do símbolo em relação ao plano de impressão, todos as avaliações foram entre boa e excelente, contudo, inferiram que o contraste dos símbolos pontuais devem ser maior do que os símbolos lineares. A mesma sugestão foi realizada sobre os símbolos com detalhes interiores.

8.4.1 Braille

Sobre o relevo em Braille 07 dos 08 avaliadores alfabetizados na escrita Braille leram a legenda sem dificuldade, ou seja, interpretaram normalmente as palavras de modo contínuo, sem nenhuma intervenção da pesquisadora e inferiram que o desenho e a elevação do Braille ficaram ótimos.

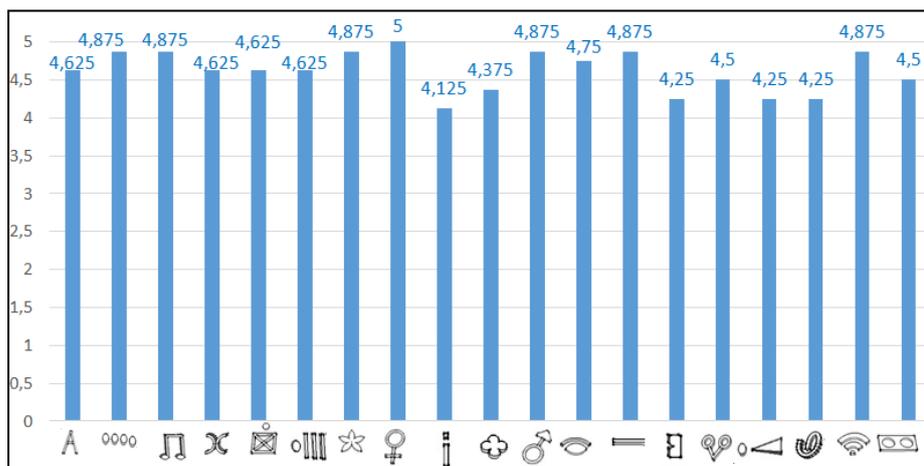
Um erro ocorreu na palavra Jardim de inverno na modelagem digital da cela Braille da última letra da palavra “jardim” referente ao ponto 5 que não deveria existir na cela, pois, a letra “m” possui apenas o ponto 4 na segunda coluna. Deste modo, a palavra ficou escrita de modo errado, com representação da letra “n” no final da palavra ao invés da letra “m”.

Uma avaliadora da UFBA e dois avaliadores do ICB imediatamente perceberam o erro durante a leitura da legenda. Deste modo, nota-se que o texto Braille ficou bem legível e que os avaliadores estavam atentos a todos os detalhes ortográficos. Um dos avaliadores não fez comentários sobre altura e desenho do Braille por não ser alfabetizado nessa escrita, contudo, todos apontaram que a sensação ao toque poderia ser melhor, pois, a superfície dos pontos causou desconforto pela sensação de aspereza obtida durante a leitura tátil.

Ao serem questionados sobre o interesse em ler a legenda 3D em ABS, os avaliadores disseram que explorariam a legenda tranquilamente, visto que, o desconforto é tolerável para ler poucas palavras, porém, não se interessariam em ler páginas inteiras de documentos ou livros que provocassem a mesma sensação ao toque.

Em contrapartida, os comentários sobre a sensação ao toque em relação aos símbolos foram unanimemente positivos, visto que a média geral para esta categoria correspondeu a 4,6 pontos, ou seja, todos os símbolos foram avaliados entre bom e excelente, como apresenta o Gráfico 4 a seguir com as médias dos pontos que cada símbolo recebeu em relação à categoria sensação ao toque, com pontuação entre 4 e 5.

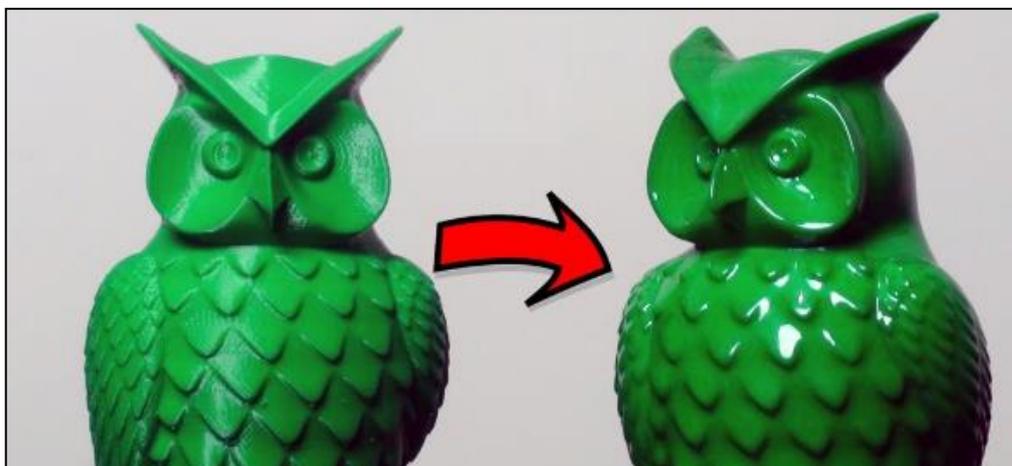
Gráfico 4 – Média da avaliação de sensação ao toque por símbolo tátil



Fonte: Niédja Araújo, 2018.

Uma alternativa viável para suavizar os pontos Braille da legenda seria a exposição desta em um ambiente fechado sob influência do vapor de acetona pura. A Figura 29 representa um objeto formado por ABS, em Impressora 3D, em seu estado original à esquerda e o mesmo objeto à direita após influência do vapor de acetona.

Figura 29 – Objeto 3D de uma coruja em ABS antes e após o contato com o vapor de acetona pura



Fonte: Modificada de 3D Geek Show, 2017.

Nota-se, visualmente, diferença no aspecto do objeto pela suavização de bordas de contorno e do preenchimento sólido a partir da reação química entre a superfície externa do objeto em ABS com o vapor de acetona, resultando em uma aparência mais lisa e mais reluzente. Deste modo, existe a possibilidade

de realizar experimentos dessa natureza, em peças com textos na escrita Braille, fabricadas tridimensionalmente em ABS e posteriormente avaliar-se a qualidade tátil do texto.

8.4.2 *Layout do Mapa*

O Layout do mapa tátil do PAF III, embora incompleto por não incluir o título e a orientação, proporcionou resultados que merecem ser considerados em experimentos futuros.

Recomenda-se que em mapas *indoors* os símbolos lineares sejam mais elevados ou mais baixos em relação aos símbolos pontuais, pois, esta variação possibilita o contraste entre as feições.

A variação é importante pois verificaram-se que os símbolos pontuais que representam as funções dos ambientes não se sobressaíram no mapa em relação ao símbolo linear parede, provocando confusão quando a distância entre os símbolos é muito estreita, a citar, a fotocopiadora representada por um “x” que distancia-se 2,7mm da parede.

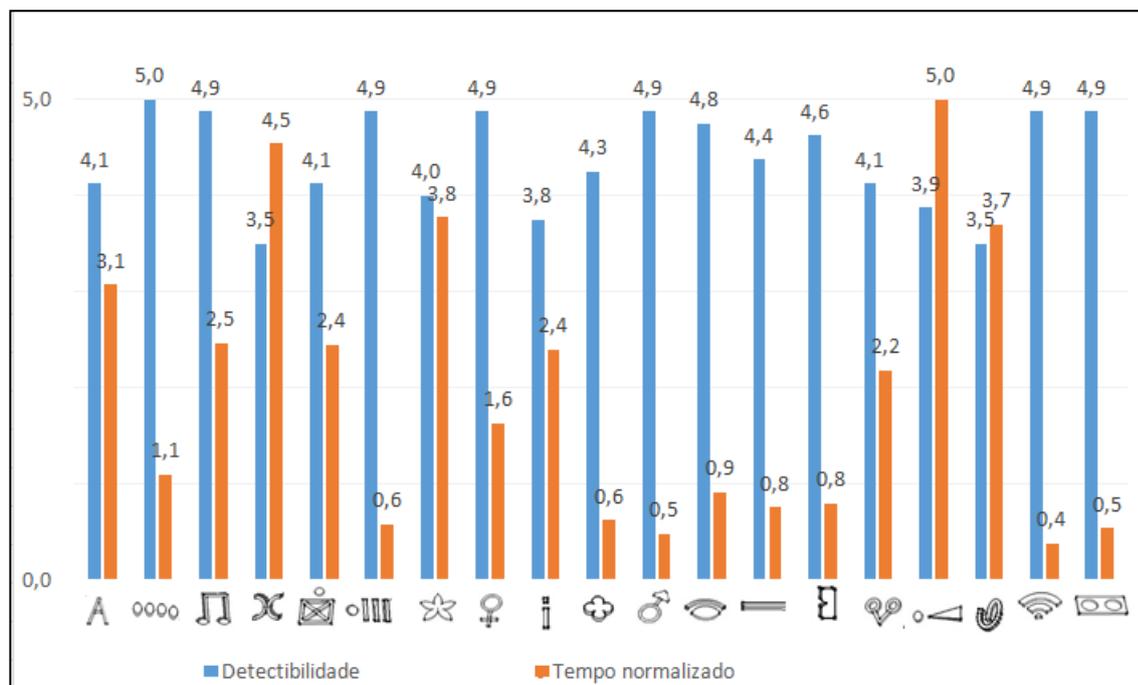
Quando os símbolos pontuais estão localizados bem distantes das paredes, a citar o de videoconferência, com 15,8 mm de distância ou mais, a elevação entre a parede e o símbolo não é relevante para a individualização do símbolo pontual.

Os avaliadores comentaram que os símbolos de secretaria, fotocopiadora, sanitários e sala de apoio ficaram muito próximos das paredes, ou seja, o espaço limitado pelas paredes ficou estreito para acomodar os símbolos pontuais fato que dificultou a individualização destes. Os valores de distanciamento entre os símbolos nos ambientes citados variaram entre 2,3 mm e 3,0 mm.

Notaram-se que os símbolos “rampa”, “eu estou aqui” e “informação” estão entre os símbolos que levaram mais tempo para serem detectados no mapa. O distanciamento destes símbolos até a parede mais próxima foi de 5,1mm; 5,6mm e 4,9mm respectivamente.

Assim além da variação da elevação é necessário ampliar o distanciamento entre os símbolos para facilitar a detectabilidade destes no mapa. O Gráfico 5 a seguir apresenta a relação entre detectabilidade e tempo a partir da média de avaliações durante a análise do mapa tátil.

Gráfico 5 – Relação cognoscível entre a média de avaliação dos símbolos



Fonte: Niédja Araújo, 2018.

A média de tempo apresentado no gráfico foi normalizada para facilitar a correlação das variáveis. Deste modo, o tempo mais alto corresponde a 64,1 segundos normalizado para o valor 5, conforme o eixo “x” do gráfico que tem função dupla: apresenta pontuações entre 1 e 5 para a detectabilidade e também o tempo normalizado entre 0 e 5.

De modo geral, o tempo utilizado pelos avaliadores para localizar os símbolos no mapa foi inferior a 60 segundos, com exceção da rampa que levou em média 64 segundos. O símbolo de fotocopadora (letra x), eu estou aqui (estrela), a rampa (cilindro ao lado de um triângulo) e a secretaria (clipe) foram detectados no mapa com tempo medi normalizado entre 3,7 e 5, correspondendo ao grupo de símbolos que levou mais tempo para ser detectado no mapa.

O símbolo de elevador (quadrado com diagonais internas cruzadas), de informação (letra i), de sala de professor (caricatura de coruja) e auditório (letra "A") foram localizados com média a partir de 25 segundos, na escala normatizada entre 2,2 e 3,1, correspondendo a um tempo regular.

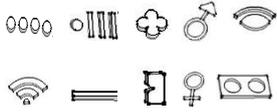
A razão por estes símbolos que levaram tempo regular para serem detectados pode estar associada à distância mínima entre o símbolo e a parede que variou entre 2,3 e 5,6 mm. Os experimentos indicam que a distância mínima deve ser superior a 5,6 contudo, o parâmetro ideal precisa ser avaliado em novos experimentos.

Entretanto, observou-se que o símbolo de auditório (nota musical), embora distante (17,1mm) da parede mais próxima, foi localizado com 30,5 segundos, média normatizada em 2,5 sendo uma exceção na relação entre tempo e detectabilidade. Este símbolo está localizado na sala mais espaçosa presente no mapa, mas na sequência da legenda o símbolo de auditório aparece posteriormente às salas de professor, secretaria e fotocopiadora que são uma das três salas menores no mapa.

Vale ressaltar que estas salas requisitaram muita atenção para percepção do símbolo pontual e os avaliadores exploraram primeiramente as salas que estavam mais próximas dessas últimas. Só após perceberem que o símbolo de auditório não encontrava-se na vizinhança, realizavam a decisão de explorar outras áreas do mapa, este fator pode justificar a exceção.

Os demais símbolos referentes ao assento (linha pontilhada), escada (três linhas paralelas e um cilindro), jardim de inverso (florzinha), sanitário masculino (marte), NAPE (olho), parede (linha contínua), porta (retângulo), UFBA NET (wi-fi) e fotocopiadora (fita cassete) foram detectados com média inferior à 15 segundos, variando na escala normatizada entre 0,4 e 1,6. Todos estes símbolos foram avaliados com média entre 4,2 e 5 pontos, ou seja, a detectabilidade foi classificada entre boa e excelente, inclusive o símbolo de auditório (nota musical) e de sanitário feminino (Vênus). A Tabela 9 resume os grupos de símbolos por intervalo de tempo utilizado durante a detectabilidade no mapa.

Tabela 9 – Relação entre intervalo de tempo para detectabilidade do símbolo no mapa

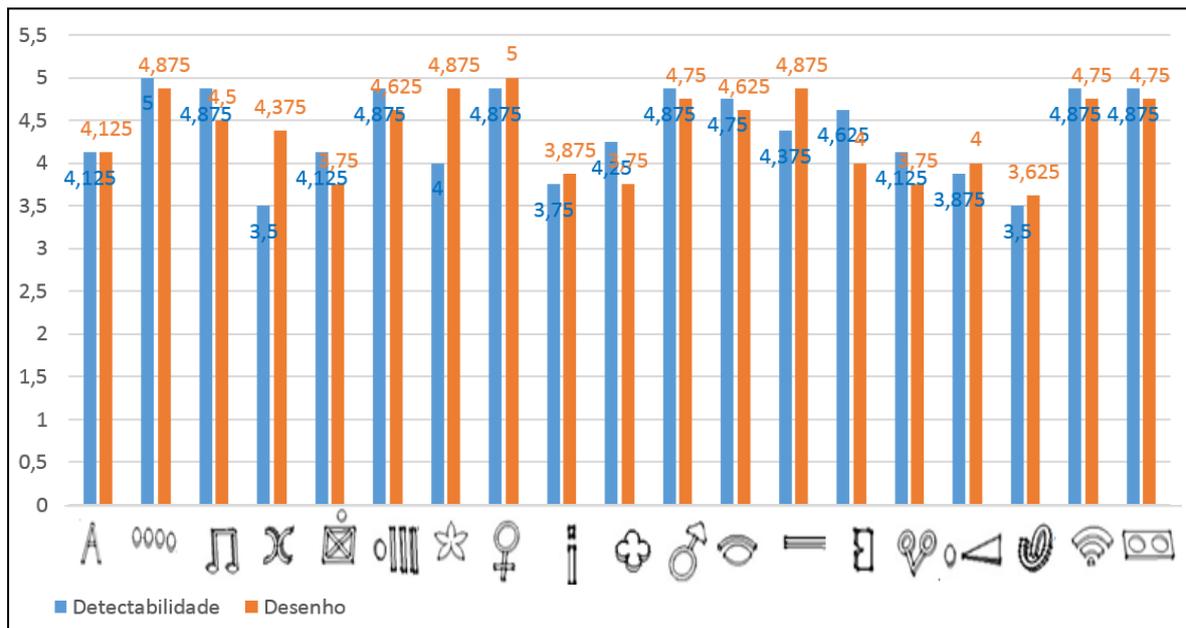
Símbolo	Detectabilidade em tempo curto Menor que 20"	Detectabilidade em tempo regular Entre 20" e 39"	Detectabilidade em tempo alto Acima de 39 "
	X		
		X	
			X

Fonte: Niédja Araújo, 2018.

Notou-se que o símbolo de sanitário feminino (Vênus) foi identificado com tempo médio normalizado correspondeu a 1,6 mais do que o tripulo do tempo médio normalizado para encontrar o símbolo de sanitário masculino (Marte) que correspondeu a 0,5. Este resultado pode estar associado ao *layout*, pois, na legenda o símbolo de sanitário feminino antecede ao de sanitário masculino, assim o tempo dedicado para encontrar o primeiro sanitário facilitou a localização do segundo sanitário. O símbolo “eu estou aqui” referente á estrela, pode ter a detectabilidade melhorada a partir do aumento da sua elevação. Deste modo, por ser o primeiro símbolo a ser identificado, ele pode ter um contraste maior no relevo e ser detectado com mais rapidez.

Assim, dentre as menores salas, localizam-se os sanitários e o avaliador teve oportunidade de tatear o sanitário masculino que está localizado ao lado do feminino, logo, a detectabilidade da simbologia de Marte tornou-se mais rápida pela localização preliminar. Objetivando-se avaliar a cognição do desenho do símbolo associada à detectabilidade, gerou-se o Gráfico 6 que apresenta esta relação.

Gráfico 6 – Relação cognoscível entre a média do desenho e da detectabilidade do símbolo no mapa tátil



Fonte: Niédja Araújo, 2018.

A partir destes dados é possível inferir que a maioria dos símbolos, 11 do total de 19, foram avaliados como bom ou excelente para ambas categorias. Contudo, 08 símbolos foram avaliados entre regular e bom para ambas categorias, como representa o Quadro 6 a seguir.

Quadro 6 – Símbolos com desenho e detectabilidade avaliados como regular ou bom

Desenho do Símbolo	Nome do Símbolo	Melhorar o desenho	Melhorar a detectabilidade	Tempo (s)
	Jardim de Inverno	X		7,87"
	Fotocopiadora		X	58,25"
	Elevador	X		31,37"
	Eu estou aqui		X	48,37"
	Informação	X	X	30,75"
	Sala de Professores	X		28,0"
	Rampa		X	64,10"
	Secretaria	X	X	47,50"

Fonte: Niédja Araújo, 2018.

Avaliação do mapa tátil *indoor* da edificação da área de estudo consistiu em: i) obter sugestão de rota para um deslocamento: os oito avaliadores sugeriram rotas coerentes, ii) presença de informação desconhecida: todos afirmaram que existe; iii) descrição sobre novos conhecimentos: todos os avaliadores citaram elementos que conheceram a partir do mapa tátil, iv) sinalização: sete afirmaram que o mapa contribui para a sinalização e um disse que talvez, v) facilitação na tomada de decisão: sete afirmaram que o mapa facilita a tomada de decisão e um disse que talvez, vi) facilitação da interpretação do mapa pela singularidade dos símbolos compostos: os oito concordaram que facilita e são fáceis de lembrar, vii) interesse pela posse de mapas táteis: cinco se interessariam e três não teriam interesse, viii) proporcionalidade: sala NAPE em relação à UFBA NET: todos inferiram corretamente que o NAPE é menor, ix) orientação: localização dos sanitários em relação ao símbolo “eu estou aqui”: todos informaram corretamente que está à esquerda; x) sugestão de direção para incluir no mapa: todos preferem

esquerda, direita, a frente e atrás; xi) densidade do mapa: todos afirmaram ser leve.

A partir destas inferências verificou-se que os mapas táteis *indoor* podem fornecer referências assertivas sobre proporcionalidade, orientação, sobre a localização de ambientes específicos, por exemplo, os sanitários, contribuindo para a sinalização *indoor*.

Um dos avaliadores considera a funcionalidade do mapa como indiferente para a sinalização e que talvez o mapa possa auxiliar na tomada de decisão. Ao ser questionado o porquê, ele discorreu que prefere solicitar informação oralmente ao chegar ao ambiente, ao invés de buscar um mapa tátil, pois, obtém a resposta imediatamente ao conversar com alguém normovisual.

Entretanto, o mesmo avaliador foi assertivo sobre a localização dos sanitários e proporcionalidade entre duas salas de referência, bem como inferiu que o mapa trouxe informações novas e que os símbolos singulares facilitaram a interpretação do mapa. Por isso a importância de buscar símbolos cartográficos intuitivos para representar diferentes ambientes, a citar o desenho de wi-fi, de nota musical, e a caricatura de uma coruja.

Dois avaliadores com cegueira congênita e uma com cegueira adquirida inferiram que não conheciam o desenho de uma coruja, embora soubesse que se refere a uma ave. Os oito avaliadores também informaram que não conheciam o desenho de *wi-fi* até tatearem o mapa tátil desta pesquisa. Logo, a intuitividade é algo desafiador de ser obtida, visto que parte dos desenhos propostos podem não ser conhecida pelos usuários nem de modo conceitual, nem de modo tátil.

Pessoas com cegueira adquirida que eram normovisuais em alguma fase da infância ou outra posterior podem possuir memória de inúmeras informações visuais. Assim, determinados desenhos podem remeter lembranças de elementos específicos e a exploração da intuitividade torna-se interessante para representar esses elementos por meio de símbolos cartográficos. Mas, se a pessoa possuía baixa visão antes de tornar-se cega,

os detalhes de diversos elementos podem ser desconhecidos, portanto, seriam indiferentes pra eles em uma representação cartográfica.

No caso de quem nasceu sem a capacidade de enxergar, os detalhes sobre determinados elementos só poderão ser compreendidos por meio do tato ou por meio de audiodescrição realizada por alguém que conheça esses elementos.

De todo modo, as relações sociais e tecnológicas são dinâmicas e a todo o momento surgem novos termos e novas criações que podem ser compreendidas por todas as pessoas, desde que, o conceito dessas novidades, ou mesmo de algo que já exista, seja compartilhado de modo acessível.

O mesmo ocorre com a simbologia dos elementos, pois, trata-se de algo cultural, por exemplo, uma pessoa com ou sem deficiência visual, só associará uma coruja à ideia de sabedoria se em algum momento ela obteve esta informação, para posteriormente associar coruja à figura de um mestre e finalmente associar a caricatura de uma coruja à sala de professores em um mapa *indoor*, o mesmo ocorre com as simbologias de Vênus para sanitário feminino e Marte para sanitário masculino.

Assim, uma pessoa cega ou com baixa visão só idealizará a caricatura de uma coruja se em momentos anteriores ela obteve informações sobre os detalhes que caracterizam uma coruja. Logo, o mais interessante seria treinar as pessoas com deficiência visual para conhecerem as simbologias mais presentes no cotidiano, o significado e formas dos símbolos para posteriormente desenvolver a intuitividade no campo da cartografia tátil. O Quadro 7 a seguir detalha as informações que os avaliadores obtiveram durante avaliação qualitativa do mapa sobre mobilidade e informações espaciais do ambiente analisado.

Quadro 7 – Informações novas obtidas pelos avaliadores por meio do mapa tátil e sugestões de rota para decisão de um deslocamento

Avaliador	Sugestão de rota	Informações novas
001	Destino: auditório. Sair do "eu estou aqui", seguir a parede da direita, passar ao lado do jardim do inverno, passar pela escada, seguir para a porta da direita do auditório	Desenho de wi-fi, Venus, Marte, nota musical, caricatura de coruja.
002	Destino: NAPE Sair do "eu estou aqui" seguir em frente no sentido da direita para chegar até o NAPE	Desenho de wi-fi, Venus, Marte, mapa gerado com impressora 3D
003	Destino: NAPE Sair do "eu estou aqui", seguir diagonalmente à direita, passar ao lado do jardim de inverno, seguir para a porta do NAPE	Dimensões das salas, quantidades de salas, disposição dos elementos arquitetônicos, forma espacial do jardim de inverno.
004	Destino NAPE Sair do "eu estou aqui" seguir em frente, passar pelo jardim de inverno e na direção da direita buscar a porta do NAPE	Fotocopiadora, secretaria, sala de professores, UFBA NET.
005	Destino: auditório Sair do "eu estou aqui", seguir para a direita, subir a escada, seguir a parede até encontrar a porta do auditório.	Sala de professor, UFBA NET, videoconferência, dois elevadores, duas escadas, desenho da caricatura de uma coruja.
006	Destino: NAPE Sair do "eu estou aqui" e seguir em frente, virar um pouco à direita, buscar a porta do NAPE à diagonal, próximo ao jardim de inverno	Desenho de wi-fi, Venus, Marte, nota musical.
007	Destino: UFBA NET Sair do "eu estou aqui", seguir em frente, alcançar a parede e seguir pela esquerda até alcançar a porta da UFBA NET	Desenho de wi-fi, Venus, Marte, caricatura de coruja.
008	Destino: sala de professores Sair do "eu estou aqui" virar a esquerda, passar pela frente do elevador continuar em frente até encontrar a sala de professores no final deste percurso.	Organização espacial do térreo do PAF III e símbolo de wi-fi

Fonte: Niédja Araújo, 2018.

Três avaliadores que frequentam o PAFIII afirmaram que o mapa trouxe informações sobre o térreo que eles não conheciam, por exemplo: existência de fotocopiadora, secretaria, sala de professores, UFBA NET, dimensões das salas, quantidades de salas, disposição dos elementos arquitetônicos, forma

espacial do jardim de inverno, sala de videoconferência, dois elevadores, duas escadas. Nesta perspectiva, os mapas táteis são importantes para comunicar informações diversas sobre o local de circulação, para proporcionar noção de completude da área, de organização dos elementos espaciais e a função de cada local, expandindo assim o conhecimento sobre o espaço representado e, estreitando a relação da pessoa cega com o ambiente que ela frequenta.

Vale ressaltar que as informações presentes nos ambientes são dinâmicas e requerem constante revisão. A sala que no mapa tátil aparece como UFBA NET, por exemplo, foi desativada e há previsão de ser instalado o setor de coordenação do curso de línguas estrangeiras do Núcleo Permanente de Extensão em Letras (NUPEL). O mesmo ocorreu com a sala de professores que teve sua função alterada para sala de aula, assim, tais informações precisam ser atualizadas na confecção do mapa tátil completo e novas propostas de símbolos para sala de aula e para sala de coordenação precisam ser elaboradas. Quatro avaliadores informaram que não conheciam o desenho dos símbolos Vênus e Marte; dois também informaram que não conhecia símbolos de notas musicais e um expressou que o próprio mapa impresso com impressora 3D era algo novo que estava conhecendo.

Deste modo, o mapa tátil trouxe informações que ultrapassaram a ideia de funcionalidade dos ambientes, apresentando para todos os avaliadores novos conceitos através dos símbolos cartográficos utilizados e proporcionou expansão do conhecimento sobre o espaço térreo do PAF III para as pessoas cegas que frequentam o ambiente e para as pessoas que não o conhecem presencialmente. Os avaliadores realizaram críticas sobre os símbolos e o *layout* do mapa, conforme apresenta o Quadro 8. Logo, essas contribuições precisam ser revisadas para elaboração do mapa final que será concluído durante a pesquisa de iniciação científica vinculada aos objetivos desse projeto de mestrado.

Quadro 8 – Críticas e sugestões dos avaliadores sobre os símbolos táteis

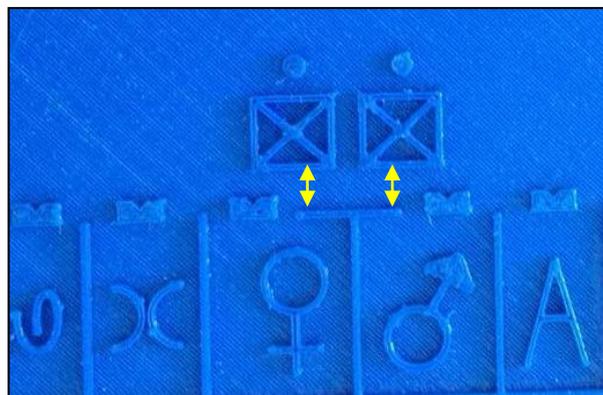
Nome do símbolo	Desenho do símbolo	Comentários (quantidade)
UFBA/NET		Ao saber que se trata de um símbolo wi-fi este desenho passa a ser intuitivo (8); este símbolo traz ideia de sala de informática (1); reduzir o tamanho e tornar os arcos mais finos e na elevação (1);
NAPE		Ao saber que se trata de um globo ocular e sobancelha, o símbolo passa a ser intuitivo (1); utilizar cadeira de rodas (1); o símbolo pode ser maior e sobancelha pode ser mais afastada do globo ocular (1); o símbolo sugere uma sala de professor ou de assistência (1); o arco poderia ser mais prolongado (1).
Sala de videoconferência		Parece um óculos (1); a forma de uma câmera seria mais sugestiva (2), ao saber que trata-se de uma fita cassete o símbolo passa a ser intuitivo pela semelhança (3);
Auditório		A letra "A" seria representativa para auditório (1); melhor usar a forma de um microfone (2); parece uma cela de cavalo, então seria melhor outra nota (1); seria legal o desenho de uma cadeira (1); Não conheço notas musicais, porém, ao saber que se trata de uma nota musical o símbolo passa a ser intuitivo (1); uma nota musical lembra um ambiente de música, som, audição (1).
Sala de Apoio		O traço da letra deveria ser mais abaixo (3); as paredes estão muito próximas do símbolo (2); a letra deve ficar mais acima, como está parece um "V" invertido (1); a letra "A" poderia ser usada para auditório (1); a letra "A" é uma letra fácil de reconhecer (1); a letra "A" deve ser posicionada um pouco mais a cima no mapa (1).
Sanitário Masculino		Melhor prolongara a seta do masculino (1); a seta está parecida com a cruz do símbolo de Vênus (1).
Sanitário Feminino		A cruz está parecida com a seta de marte (1).
Secretaria		A forma geométrica não parece um clipe (3); a forma geométrica é confusa (1); melhor aumentar o desenho para dar ênfase à forma das linhas (3).
Sala de Professores		Os círculos estão pequenos (3); o símbolo não lembra uma coruja, mas o símbolo é singular (1), a forma geométrica é indiferente (1), não conheço uma coruja (2); não conheço olhos e bicos de uma coruja (1); o símbolo está no limite mínimo entre as paredes (1); parece um coração (1); Após explicar a ideia de uma coruja o símbolo passa a ter associação (1).
Informação		A letra "i" poderia ser do tamanho de uma cela braile (1), poderia usar uma interrogação (3); esse desenho não parece um "i" (1); o pingo na letra deveria ser mais redondo (1); a letra "i" é uma letra fácil de reconhecer (1).
Elevador		Distanciar os elevadores entre si (2); o quadrado poderia ser cheio ou então as diagonais cruzadas deveriam ser menos elevadas do que as bordas (1); a intersecção das diagonais cruzadas poderia ser mais elevada pra dar ideia de triângulo e elevação (1); O quadrado poderia conter duas setas - uma pra cima e outra para baixo (1); No mapa, seria melhor colocar os elevadores conectados com a parede de fundo, contudo, a linha da parede e a linha de fundo do elevador deve ser a mesma, pois, como está parece que há um corredor atrás do elevador (1); na parte interna do quadrado poderia ter apenas uma diagonal, pois, as duas dá ideia que o quadrado está cheio (1); o cilindro na frente do elevador é desnecessário (1); o cilindro que representa o posicionamento das pessoas deveria ser apresentado separadamente na legenda (5).
Eu estou aqui		O desenho não traz intuitividade, talvez a forma de um corpo humano seja melhor (1); utilizar um "x" para marco inicial ao invés da estrela (1); o símbolo poderia ser menor (1); as pontas do desenho poderiam ser mais prolongadas (1); poderia ser utilizado o desenho de "stop" (1).
Escada		Ao saber que se trata de uma escada, o símbolo passa a ser intuitivo (1); o cilindro deveria ser mais baixo (1); melhor aumentar o espaçamento entre os degraus e a espessura deles (1); Incluir sinal de altera ao redor da escada (1); deve incluir a porta na frente da escada que antecede o auditório (1)
Porta		Basta ser um retângulo, pois, o corte no meio está imperceptível (1); esta forma retangular parece um piso, uma bancada, uma porta (1); o símbolo poderia ser maior (1); o símbolo poderia ser mais largo (1); poderia ter o formato de uma gota pra dar ideia de abertura da porta, com o vértice da gota posicionado na parede (1); a porta deve aparecer no mesmo sentido que está na legenda (1); a porta deveria ser mais baixa que a parede (2);
Rampa		Na legenda rotacionar a rampa para a posição vertical (2); poderia ser mais larga (2); poderia ser mais lisa (1); poderia ser mais alta (2), o formato poderia ser retangular ao invés de triangular (1);
Jardim de Inverno		O desenho poderia ser maior (6); poderia ser um "v" com duas flores em cada ponta (1), poderia incluir um talo junto à flor (1);
Copiadora		Usar "x" maiúsculo (2); essa letra é comum para outras representações (1); o símbolo está muito próximo das paredes (1); o símbolo sugere sala de matemática (1).
Assento		Na legenda seria melhor representar o símbolo como um círculo e não como uma linha (1); Representar por uma linha lisa descontínua (1); o desenho atual parece sinalização de alerta (1); os cilindros poderiam ser mais afastados (1).
Parede		Parece uma parede, um muro, limite (1); a parede deveria ser mais baixa ou mais alta do que os símbolos pontuais, pois, a elevação deve ser também uma referência (1); a parede poderia ser mais alta e mais distante os outros símbolos (1).

A partir das críticas e sugestões realizadas pelos avaliadores verificou-se que no caso de feições vazadas, com detalhes internos, é recomendável que esses detalhes sejam reduzidos e incluam diferença de elevação em relação às feições externas. Caso contrário, passará uma informação de feição com preenchimento sólido e os detalhes serão imperceptíveis.

Considerado que a distância mínima entre dois símbolos deveria ser pelo menos 2,3 mm, os elevadores foram projetados no mapa de forma afastada da parede localizada atrás do elevador. Esta proposta visava informar que atrás do elevador existe uma parede que limita o espaço dos sanitários.

Entretanto, a proposta não foi bem sucedida visto que o afastamento para proporcionar a distinção dos símbolos, provocou a interpretação de espaço vazio entre as duas feições (elevador e parede), sugerindo erroneamente a ideia de corredor (Figura 30). Nestas situações as dimensões do próprio elevador devem ocupar também a função das paredes que estiverem rente a ele.

Figura 30 – Indicação do espaçamento entre os elevadores e as paredes dos sanitários no mapa tátil do piso térreo do PAF III da UFBA



Fonte: Niédja Araújo, 2018.

A proposta de utilizar um cilindro posicionado à frente dos elementos arquitetônicos de circulação vertical (elevador, rampa, escada) foi uma proposta que visava facilitar o ponto de partida para acessar o elemento arquitetônico no espaço.

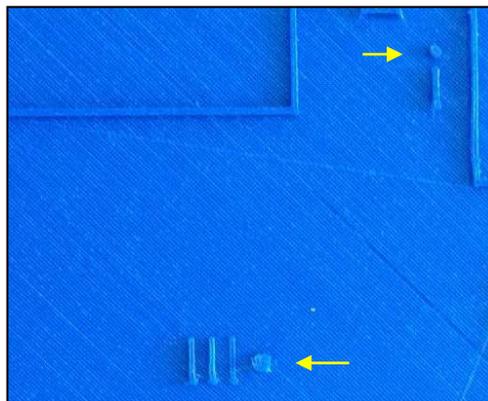
Contudo, esta proposta não foi bem sucedida, pois, na legenda não foi informado que esse cilindro teria a função de represtar uma pessoa

posicionada à frente do elemento e também não transmitiu esta ideia intuitivamente. Uma alternativa seria apresentar o símbolo na legenda da seguinte forma: “eu de frente para um elemento de circulação vertical”.

Entretanto, notou-se que esta representação é dispensável e a existência de um cilindro com esta função provocou confusão na interpretação do mapa, a citar, o pingo na letra “i” que era imediatamente associado ao cilindro dos elementos de circulação vertical.

Nesse caso, o avaliador refletia um pouco para concluir que as dimensões do cilindro são maiores do que as dimensões da feição em análise (pingo da letra “i”), logo, o traço associado ao pingo corresponderia ao desenho da letra “i”, de informação, conforme pode ser observado na Figura 31.

Figura 31 – Indicação do pingo da letra "i" na parte superior da figura e na parte inferior a indicação do cilindro que integra a escada no mapa tátil do piso térreo do PAF III da UFBA



Fonte: Niédja Araújo, 2018.

A orientação dos símbolos no mapa e na legenda também foi criticada, principalmente, as portas e a rampa. Na legenda o símbolo de porta aparece na vertical, mas no mapa as portas aparecem tanto na vertical quanto na horizontal, então o mais interessante seria utilizar um símbolo comum com lados iguais, por exemplo, um triângulo ou um quadrado, para evitar a confusão.

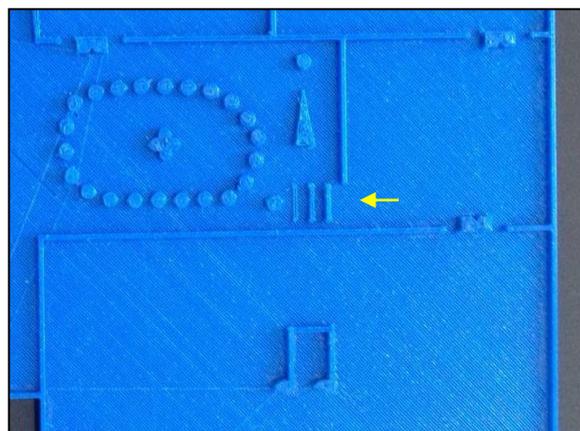
Neste contexto, vale ressaltar que não é recomendável omitir a existência de determinados elementos no espaço, por antecipar conclusões sobre

possíveis confusões durante a leitura tátil, pois, quando o usuário sistematiza a organização espacial, ele mentalmente prevê algumas informações.

Por exemplo, uma avaliadora que não conhece o PAFIII questionou: “no PAF III, próximo à rampa e à escada existe uma porta que se conecta a estes elementos?” E a resposta foi “sim”. Então ela questionou o porquê dessa porta não ter sido representada no mapa, visto que ela esperava encontrar o símbolo de porta para acessar o próximo ambiente que estava fora do nível...

A pesquisadora explicou que, a iniciativa visou deixar livre o espaçamento (Figura 32) que a porta seria representada, para evidenciar a detectabilidade da escada e da rampa. Entretanto, a avaliadora inferiu que é extremamente importante representar a porta para dar sentido à interpretação do mapa e supôs que a existência do símbolo próximo à rampa e à escada não causaria confusão. Deste modo a generalização mais adequada para esta situação seria alterar a proporção dos símbolos vizinhos e realizar deslocamento destes para possibilitar a representação da porta.

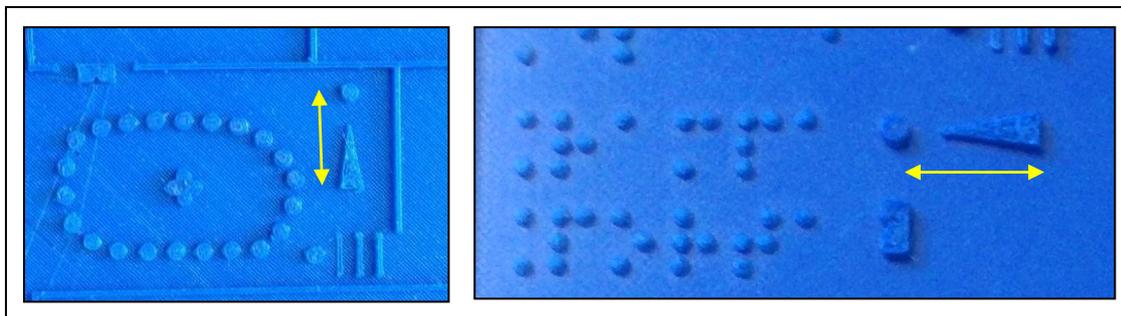
Figura 32 – Indicação do espaçamento vazio que deveria incluir o símbolo de porta no mapa tátil do piso térreo do PAF III da UFBA



Fonte: Niédja Araújo, 2018.

A rampa foi projetada na legenda de modo horizontal para ceder espaço para os outros símbolos em função da limitação da extensão da legenda. Mas a posição da rampa no mapa aparece na vertical em relação ao ponto de partida “Eu estou aqui”, conforme representa a Figura 33, por isso, ocorreu uma confusão na busca pela rampa.

Figura 33 – Indicação das diferentes orientações da rampa no mapa e na legenda do mapa tátil do piso térreo do PAF III da UFBA



Fonte: Niédja Araújo, 2018.

Entretanto, a situação da rampa é parecida com a da porta, pois em outro ambiente *indoor* poderá ocorrer a existência de mais de uma rampa posicionadas em diferentes orientações. Neste caso, sugere-se que, na existência de apenas uma rampa, deve-se priorizar na legenda a mesma orientação da rampa disposta no mapa.

Se houve mais de uma rampa no mapa, na própria legenda é possível apresentar as duas ou mais orientações, para que o usuário fique ciente que no mapa as rampas apareceram em mais de uma orientação. Uma alternativa que poderia ser investigada em estudos posteriores seria, logo após a primeira orientação do símbolo rampa, incluir duas celas Braille escrita a conjunção “ou” entre os símbolos de rampa.

Outra crítica interessante refere-se à elevação das paredes que deve ser menor ou maior do que a dos símbolos pontuais para evidenciá-los com mais agilidade pelo contraste do relevo.

Um dos avaliadores que conhece o PAF III e sabe que a escada localizada no centro do piso térreo representa um obstáculo aéreo, sugeriu que no mapa tátil fosse indicado um sinal de alerta ao redor das escadas.

Trata-se de uma informação importante que deve ser sinalizada por meio de piso tátil de alerta ao redor da escada dentro do prédio. Contudo, trazer esse sinal de alerta para o mapa sem esta informação existir no espaço físico, pode gerar uma falsa expectativa de sinalização.

Caso a pessoa tome a decisão de buscar a escada e utilizar como referência os sinais de alerta ao redor dela tateados no mapa, ela não o encontrará e poderá se colidir com a escada suspensa.

Para evitar acidentes desta proporção, tanto pela existência de obstáculos aéreos, quanto dos obstáculos terrestres, a citar os mobiliários e equipamentos presentes nesse espaço, pessoas com deficiência visual que circulam pelo PAFIII ou outros ambientes da UFBA são guiadas por pessoas normovisuais que estão a serviço do NAPE.

Entretanto, para promover independência universal, ou seja, proporem condições para que todas as pessoas circulem no espaço de modo seguro é necessário adaptar os espaços e incluir os recursos de sinalização necessários de modo que cada um exerça sua autonomia em espaços *indoor* e *outdoor*.

9 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A experiência de elaborar preliminarmente um mapa artesanal dos campi Ondina/Federação foi importante para o direcionamento da pesquisa, outrossim, verificaram informações importantes a serem representadas em mapas *outdoor* de ambiente universitário para as pessoas com deficiência visual, verificaram-se as principais inferências espaciais analisadas por estas pessoas e as principais barreiras para mobilidade autônoma e segura nos campi. Deste modo, notou-se insatisfação dos estudantes da UFBA com deficiência visual sobre a infraestrutura universitária devido à falta de rotas sinalizadas, poucos trechos com piso tátil e a má qualidade das calçadas que os deixam inseguros para circularem nos campi.

Nesta perspectiva, o NAPE tem realizado iniciativas essenciais para a permanência de alunos com diferentes deficiências na UFBA, disponibilizando recursos humanos para auxiliá-los na realização de deslocamentos nos ambientes universitários *indoor* e *outdoor*, bem como viabiliza a realização de atividades acadêmicas, disponibilizando materiais e métodos baseados em tecnologias assistivas para inclusão deste público e busca a formação docente por meio de novas formas interdisciplinares de ensinar, aprender, renovar e atualizar suas práticas educativas.

Logo, um mapa tátil dos campi seria útil para orientação, mas não auxiliaria na mobilidade visto que o ambiente “*outdoor*” da universidade não oferece condições para deslocamentos autônomos a partir da interpretação de um mapa, sendo necessária uma reestruturação ambiental, principalmente, dos acessos entre os prédios da instituição para viabilizar o acesso entre eles de modo universal, por exemplo, por meio de calçadas balizadas, pisos táteis interligados e recursos sonoros.

Esta pesquisa possibilitou a aquisição de informações importantes para serem consideradas durante o planejamento de mapa tátil para sinalização de ambiente *indoor*, a partir da perspectiva de pessoas cegas e corroborou-se a hipótese de que a tecnologia de impressão 3D pode viabilizar o

desenvolvimento de símbolos para mapas táteis de ambiente *indoor* a partir dos resultados obtidos durante a pesquisa.

Os experimentos com o ABS permitiram inferir os parâmetros de impressão 3D para obtenção de resultados positivos sobre os detalhes dos símbolos táteis e da escrita Braille, com restrições sobre a sensação ao toque.

Verificou-se que a singularidade das formas geométricas dos símbolos pode facilitar a memorização dos símbolos e a interpretação do mapa, entretanto, a proposta de elaborar símbolos intuitivos para pessoas cegas é algo desafiador na cartografia tátil. A forma geométrica e o significado filosófico dos símbolos precisam ser previamente conhecidos pelo usuário para estabelecimento de associação entre o desenho do símbolo e o seu significado. Sem este treinamento prévio, o usuário provavelmente terá uma postura indiferente relacionada à intuitividade do símbolo.

O mapa tátil elaborado trouxe informações que ultrapassaram a ideia de funcionalidade dos ambientes, apresentando para todos os avaliadores novos conceitos através dos símbolos cartográficos utilizados e proporcionou expansão do conhecimento sobre o espaço térreo do PAF III para as pessoas cegas que frequentam o ambiente e para as pessoas que não o conhecem presencialmente.

Vale ressaltar que as informações espaciais são dinâmicas e requerem constante revisão. A sala que no mapa tátil aparece como UFBA NET, por exemplo, foi desativada e há previsão de ser instalado o setor de coordenação do curso de línguas estrangeiras - Núcleo Permanente de Extensão em Letras (NUPEL), situação similar à da sala de professores que teve sua função alterada para sala de aula. Assim, o mapa tátil do PAF III será revisado nos estudos de iniciação científica que prosseguem após a conclusão desta pesquisa de mestrado.

Após reavaliação do mapa revisado por pessoas cegas, pretende-se doar o mapa final para o PAF III visando auxiliar a pessoa com deficiência visual a tomar decisões e conhecer o espaço que frequenta, com todas as funcionalidades e elementos arquitetônicos de circulação, contribuindo para melhorar a sinalização *indoor* da área de estudo.

10 SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

Para melhorar os resultados desta pesquisa, sugere-se a realização de experimentos com utilização do vapor de acetona pura para suavizar as superfícies dos pontos Braille, visando tornar agradável a sensação ao toque e sugere-se a inclusão de recursos sonoros junto ao mapa tátil para atender o princípio dos dois sentidos, conforme recomenda a ABNT NBR 9050.

Para melhorar a resistência do material é interessante utilizar bicos de extrusão com diâmetros inferiores à 0,4mm, por exemplo, um de 0,2mm, visto que, as peças serão construídas com mais camadas interligadas entre si, formando uma estrutura física mais complexa e assim o mapa provavelmente resistirá por mais tempo a manipulação tátil.

Monitorar as alterações ocorridas no mapa tátil durante as avaliações é algo que merece ser estudando, assim, seria possível estimar o tempo útil de um mapa 3D elaborado com ABS e investigar quais alternativas seriam possíveis para ampliar a durabilidade do material, ou mesmo experimentar outros materiais pelo método de fusão, por ser um método promissor para a popularização de mapas 3D.

Sobre propor símbolos novos, considera-se interessante a elaboração de símbolos para representar sanitários acessíveis, familiares, unissex, bem como para sala de aula e sala de coordenação. Além do piso térreo do PAF III, existem mais três pisos superiores que não possuem mapa tátil, deste modo, para ampliar os estudos desta pesquisa sugerem-se novos experimentos de impressão 3D destes pavimentos para complementar a sinalização do edifício e futuramente ampliar a confecção de mapas táteis para as outras edificações da universidade.

REFERÊNCIAS

ABNT NBR 9050. Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Associação Brasileiras de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, RJ, 2004.

_____. Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Associação Brasileiras de Normas Técnicas, Rio de Janeiro, RJ, 2015.

ALMEIDA, R. A. A cartografia tátil na USP: duas décadas de pesquisa e ensino. In: Cartografia tátil: orientação e mobilidade às pessoas com deficiência visual. Maria Isabel C. de Freitas e Silvia Helena Ventorini (org). São Paulo: Jundaí, Paco Editorial, p. 138-167, 2011.

ARAÚJO, N. S.; CUNHA, A. A. ; BRITO, P. L. ; FERNANDES, V. O. . Construção do mapa tátil da Universidade Federal da Bahia. In: COBRAC, 2016, Florianópolis, 2016. Disponível em <<http://www.ocs.cobrac.ufsc.br/index.php/cobrac/cobrac2016/paper/view/240>>. Acesso em: 03 de dez. 2017.

ARAÚJO, N. S.; FERNANDES, V. O.; ALIXANDRINI JUNIOR, M. J.; AMORIM, A. L. Modelagem Digital de Símbolos Cartográficos Táteis In: Simpósio Regional de Geoprocessamento e Sensoriamento Remoto (GEONORDESTE VIII), 2017, Salvador.

BEM, G. M. Parâmetros de fabricação de símbolos para mapas táteis arquitetônicos. 2016. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2016.

BRASIL. Decreto nº 5.296 de 2 de dezembro de 2004. Presidência da República, 2004. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm>. Acesso em: 15 mar. 2018.

BRASIL. Lei no 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Presidência da República, 2000. Disponível em: < http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L10098.htm>. Acesso em: 01 de jun. 2017.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Lei de Inclusão da Pessoa com Deficiência. Presidência da República, 2015. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/Lei/L13146.htm>. Acesso em: 22 de maio, 2017.

BRASIL. A lei nº 13.409, de 28 de dezembro de 2016. Ingresso nas Universidades Federais e nas Instituições Federais de Ensino Técnico de Nível Médio e dá Outras Providências. . Presidência da República, 2016. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2016/Lei/L13409.htm> Acesso em 10 jan. 2018.

BUSWELL, R. A.; SOAR, R.C.; GIBB, A. G. F.; THORPE, A. Freeform construction: Megascale rapid manufacturing for construction. Elsevier Journal Automation in Construction, v.16. p. 224-23, 2007.

CELANI, G.; PUPO, R. Prototipagem rápida e fabricação digital para arquitetura e construção: definições e estado da arte no Brasil. Cadernos de Pós-Graduação em Arquitetura e Urbanismo. São Paulo: Universidade de Campinas, 2008.

CNPq. Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico: consulta parametrizada no diretório dos grupos de pesquisa no Brasil Lattes, 2018. Disponível em: <http://dgp.cnpq.br/dgp/faces/consulta/consulta_parametrizada.jsf>. Acesso em: 03 mar. 2018.

D'ABREU, J. V. V.; BERNARDI, N. Tecnologias táteis e sonoras para comunicação e orientação espacial da pessoa com deficiência visual. In:

Cartografia tátil: orientação e mobilidade às pessoas com deficiência visual. Maria Isabel C. de Freitas e Silvia Helena Ventorini (org). São Paulo: Jundiaí, Paco Editorial, p. 83-103, 2011.

FERNANDES, V; ALIXANDRINI JR, M. J; FOSSE, J.M; LIMA FILHO, D; SILVA, M. Produção de símbolos táteis construídos com impressora 3D para mapas de orientação ao visitante. Brazilian Journal of Cartography, Rio de Janeiro, Nº 67/5 p. 481-493, Aug. 2015.

FERREIRA, M. E. S. Confecção de matrizes táteis pelo processo de prototipagem rápida. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia Cartográfica) - Instituto Militar de Engenharia, IME, Rio de Janeiro. 2011.

FONSECA, S. Pesquisadores criam maquete tátil e sonora para auxiliar deficientes visuais. Globo,G1,2014.Disponível em:<<http://g1.globo.com/sp/presidenteprudenteregiao/noticia/2014/10/pesquisadores-criam-maquete-tatil-e-sonora-para-auxiliar-deficientes-visuais.html>> Acesso em: 20 abr. 2016

FRANCO, J. R.; DIAS, T. R. da S. A pessoa cega no processo histórico: um breve percurso. Benjamin Constant, Rio de Janeiro, v. 30, p. 3-9, 2005. Disponível em:<<http://www.ICB.gov.br/?catid=4&itemid=10028>> Acesso em: 26 jun. 2007.

FREITAS, M. I. C; VENTORINI, S. H. Cartografia Tátil: orientação e mobilidade às pessoas com deficiência visual. Jundiaí: Paco Editorial. 2011, 368 p.

FUNDAÇÃO DORINA. Estatísticas da deficiência visual, 2012. Disponível em:<<https://www.fundacaodorina.org.br/a-fundacao/deficiencia-visual/estatisticas-da-deficiencia-visual/>>. Acesso em 15 de mar. 2018.

GIL, A. C. Métodos e Técnicas da Pesquisa Social. 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2009.

GTMAX 3D. Configurações de Impressora 3D Pro. Disponível em: <<https://www.gtmax3d.com.br/impressora-3d-linha-pro-gtmax3d-core-a1>>. Acesso em 20 abr. 2017.

IBGE. Censo Demográfico 2010: resultados preliminares. Disponível em: <<http://www.ibge.gov.br>>. Acesso em: 20 set. 2016.

IBGE. Noções Básicas de Cartografia. Rio de Janeiro: IBGE, 1999, 128p.

JEHOEL, S. A series of psychological studies on the design of tactile maps. These. University of Surrey, Guilford. 2007.

LABSIN. Prototipagem Rápida. Laboratório de Simulação Numérica do Departamento de Construção e Estrutura da Escola Politécnica da Universidade Federal da Bahia, 2004. Disponível em: <<http://www.ferramentalrapido.ufba.br/prototipagem.htm>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

LabTATE. Catálogo de Materiais ABNT de Mapas Táteis para Mobilidade, 2007. Disponível em: <http://www.labtate.ufsc.br/ct_clique_p_baixar_catalogo.html> Acesso em: 02 jun. 2016.

LabTATE. Sistema háptico, 2010. Disponível em: <http://www.labtate.ufsc.br/ct_mapas_tateis_sistema_haptico.html>. Acesso em: 10 mar. 2018.

LEMOS, E. R; CERQUEIRA, J. B. O Sistema Braille no Brasil. Benjamin Constant. Rio de Janeiro, ano 20, edição especial, p. 23-28, nov. 2014.

LOPES, J. Generalização Cartográfica. Dissertação. 2005 Dissertação (mestrado) - Universidade de Lisboa, Portugal.

MILAN, L. F. Maquetes táteis: infográficos tridimensionais para a orientação espacial de deficientes visuais. Revista de Pesquisa em Arquitetura e

Construção (PARC) da Universidade Estadual de Campinas. v1. n. 2, jun. 2008. Disponível em: <<http://periodicos.sbu.unicamp.br/ojs/index.php/parc/article/view/8634522>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

NAPE. O que é nape, 2008. Disponível em:< <http://www.napeaccessivel.ufba.br/o-que-e-nape.html>>. Acesso em: 10 mar. 2018.

NOGUEIRA, R. E. Padronização de mapas táteis: um projeto colaborativo para a inclusão escolar e social. Ponto de Vista, Florianópolis, n. 9, p. 87-111, 2007.

NOGUEIRA, R. E [LOCH]. Cartografia Tátil: mapas para deficientes visuais. Portal da Cartografia. Londrina, v.1, n.1, maio/ago., p. 35 - 58, 2008.

OLIVEIRA, L. A. Manual de Semântica. 1. ed. Petrópolis: Vozes, 2008. v. 1. p. 13-101.

REGIS, T. C. um estudo para elaboração de atlas municipal na perspectiva da educação geográfica inclusiva: o atlas adaptado do município de Florianópolis. 2016. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. 2016.

SANCHEZ, M. C. Conteúdo e eficácia da imagem gráfica. Boletim de Geografia Teorética, São Paulo, v.11, n.21/22, p. 74-80, 1981.

SANTOS, V. R. Relatório Técnico dos Trabalhos. Ello Perícia e Consultorias. Salvador, 2010.

SASSAKI, R. K. Nada sobre nós, sem nós: da integração à inclusão, 2011. Disponível em: <<http://www.bengalalegal.com/nada-sobre-nos>>. Acesso em 15 de mar. 2018

SCHNEIDER, J.; STROTHOTTE, T. Constructive Exploration of Spatial Information by Blind Users. ASSETS'00, November 13-15, Arlington, Virginia, EUA, 2000. p. 188-192, 2000.

SILVA, R. R.; FERREIRA DA SILVA, L. F. C. Avaliação do símbolo de orientação na cartografia tátil. Boletim de Ciências. Geodésicas. Curitiba, v. 19, n. 3, p.498-509, jul-set, 2013.

SNPDS DH; SNPD, 2012. Cartilha do Censo 2010: Pessoas com Deficiência. Disponível em: <<http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/sites/default/files/publicacoes/cartilha-censo-2010-pessoas-com-deficiencia-reduzido.pdf>>. Acesso em 15 de mar. 2018.

TULLIS, T.; ALBERTS, W. Measuring the user experience: collecting, analyzing, and presenting usability metrics. Elsevier's Science & Technology Rights Department in Oxford, 2008.

VENTORINI, S. E. A Experiência como fator determinante na representação espacial do deficiente visual. 2012. Tese (Doutorado em Geografia) - Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo. 2012.

_____. Representação gráfica e linguagem cartográfica tátil: estudo de casos. 2007. Dissertação (Mestrado em Geografia) - Universidade Estadual de São Paulo, São Paulo. 2007.

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

3D Geek Show. Como dar acabamento com acetona nos objetos de impressão 3D, 2017. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=T9gKsM_Nirw>. Acesso em 10 ago. 2017>.

APÊNDICE I

Entrevista aplicada junto a deficiente visual da Universidade Federal da Bahia (UFBA) para entendimento da acessibilidade no espaço universitário do ponto de vista do deficiente e obtenção de sugestões deste público para compor o mapa tátil dos campos Federação e Ondina da UFBA.

Entrevistado: _____

Entrevistador: _____

Data: _____

- 1) Qual a sua idade? _____
- 2) Sua deficiência visual é de qual tipo: Congênita () Adquirida () Baixa visão
- 3) Você foi alfabetizado em Braille? _____
- 4) Você foi alfabetizado em escola de ensino regular ou especial? _____
- 5) Qual curso de graduação você estuda? _____
- 6) Quais são os campus universitários que você frequenta? _____
- 7) Qual forma de navegação você utiliza no espaço universitário?
() bengala () acompanhante normovisual () cão-guia () outra:
- 8) Quais recursos você utiliza para estudar/comunicar?

- 9) Como você define a acessibilidade nos campi da UFBA?

- 10) Você se sente incluído (a) socialmente nos espaços físicos da UFBA? Porquê?

- 11) Você utiliza o buzafa como meio de transporte? Porquê?

12) Você já consultou algum mapa tátil? Em um mapa tátil do campi Federação e Ondina quais informações seriam essenciais para conter nele?

13) Em quais espaços da UFBA deveriam existir um mapa tátil?

14) Quantos símbolos diferentes em um mapa tátil você conseguiria memorizar?

15) Quantos tamanhos/texturas diferentes de uma mesma forma geométrica você conseguiria distinguir?

APÊNDICE II

Avaliação dos símbolos táteis

1) A forma de uma coruja é associativa para representar qual ambiente?

Sugestão: _____

	Símbolo de Sala de Professor	Classificação: 1 a 5 sendo 1 = péssimo e 5 excelente		
	Categoria de Avaliação	Revisor ____	Revisor ____	Revisor ____
	Sensação ao toque			
	Detectabilidade			
	Elevação			
	Desenho			
	Dimensões			
	Intuitividade			
	Considerações:			

2) A forma de um clip é associativa para representar qual ambiente?

Sugestão: _____

	Símbolo de Sala de Secretaria	Classificação: 1 a 5 sendo 1 = péssimo e 5 excelente		
	Categoria de Avaliação	Revisor ____	Revisor ____	Revisor ____
	Sensação ao toque			
	Detectabilidade			
	Elevação			
	Desenho			
	Dimensões			
	Intuitividade			
	Considerações:			

3) A letra "x" minúscula é associativa para representar qual ambiente?

Sugestão _____

	Símbolo de Sala de Secretaria	Classificação: 1 a 5 sendo 1 = péssimo e 5 excelente		
	Categoria de Avaliação	Revisor ____	Revisor ____	Revisor ____
	Sensação ao toque			
	Detectabilidade			
	Elevação			
	Desenho			
	Dimensões			
	Intuitividade			
	Considerações:			

4) A letra “i” minúscula é associativa para representar qual ambiente?

Sugestão _____

	Símbolo de Informação	Classificação: 1 a 5 sendo 1 = péssimo e 5 excelente		
	Categoria de Avaliação	Revisor _____	Revisor _____	Revisor _____
	Sensação ao toque			
	Detectabilidade			
	Elevação			
	Desenho			
	Dimensões			
	Intuitividade			
	Considerações:			

5) A letra “A” maiúscula é associativa para representar qual ambiente?

Sugestão _____

	Símbolo de Sala de Apoio	Classificação: 1 a 5 sendo 1 = péssimo e 5 excelente		
	Categoria de Avaliação	Revisor _____	Revisor _____	Revisor _____
	Sensação ao toque			
	Detectabilidade			
	Elevação			
	Desenho			
	Dimensões			
	Intuitividade			
	Considerações:			

6) A forma de uma nota musical é associativa para representar qual ambiente?

Sugestão _____

	Símbolo de Sala de auditório	Classificação: 1 a 5 sendo 1 = péssimo e 5 excelente		
	Categoria de Avaliação	Revisor _____	Revisor _____	Revisor _____
	Sensação ao toque			
	Detectabilidade			
	Elevação			
	Desenho			
	Dimensões			
	Intuitividade			
	Considerações:			

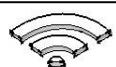
7) A forma de uma fita cassete é associativa para representar qual ambiente?
Sugestão _____

	Símbolo de Sala de videoconferência	Classificação: 1 a 5 sendo 1 = péssimo e 5 excelente		
	Categoria de Avaliação	Revisor ____	Revisor ____	Revisor ____
	Sensação ao toque			
	Detectabilidade			
	Elevação			
	Desenho			
	Dimensões			
	Intuitividade			
	Considerações:			

8) Um símbolo de um olho com sobrancelhas é associativo para representar qual ambiente?
Sugestão _____

	Símbolo de Sala do NAPE	Classificação: 1 a 5 sendo 1 = péssimo e 5 excelente		
	Categoria de Avaliação	Revisor ____	Revisor ____	Revisor ____
	Sensação ao toque			
	Detectabilidade			
	Elevação			
	Desenho			
	Dimensões			
	Intuitividade			
	Considerações:			

9) A forma de sinal wi-fi é associativa para representar qual ambiente?
Sugestão _____

	Símbolo de Sala da UFBA NET	Classificação: 1 a 5 sendo 1 = péssimo e 5 excelente		
	Categoria de Avaliação	Revisor ____	Revisor ____	Revisor ____
	Sensação ao toque			
	Detectabilidade			
	Elevação			
	Desenho			
	Dimensões			
	Intuitividade			
	Considerações:			

10) A forma de uma estrela é associativa para representar qual informação?
Sugestão _____

	Símbolo de "Eu estou aqui"	Classificação: 1 a 5 sendo 1 = péssimo e 5 excelente		
	Categoria de Avaliação	Revisor ____	Revisor ____	Revisor ____
	Sensação ao toque			
	Detectabilidade			
	Elevação			
	Desenho			
	Dimensões			
	Intuitividade			
	Considerações:			

11) A forma de um triângulo é associativa para representar qual elemento arquitetônico?
Sugestão _____

	Símbolo de Rampa	Classificação: 1 a 5 sendo 1 = péssimo e 5 excelente		
	Categoria de Avaliação	Revisor ____	Revisor ____	Revisor ____
	Sensação ao toque			
	Detectabilidade			
	Elevação			
	Desenho			
	Dimensões			
	Intuitividade			
	Considerações:			

12) A forma de três linhas paralelas com elevação crescente é associativa para representar qual elemento arquitetônico?
Sugestão _____

	Símbolo de Escada	Classificação: 1 a 5 sendo 1 = péssimo e 5 excelente		
	Categoria de Avaliação	Revisor ____	Revisor ____	Revisor ____
	Sensação ao toque			
	Detectabilidade			
	Elevação			
	Desenho			
	Dimensões			
	Intuitividade			
	Considerações:			

13) A forma de uma flor é associativa para representar qual ambiente?

Sugestão _____

	Símbolo de Jardim de Inverno	Classificação: 1 a 5 sendo 1 = péssimo e 5 excelente		
	Categoria de Avaliação	Revisor ____	Revisor ____	Revisor ____
	Sensação ao toque			
	Detectabilidade			
	Elevação			
	Desenho			
	Dimensões			
	Intuitividade			
	Considerações:			

14) O símbolo de um quadrado com diagonais cruzadas é associativo para representar qual elemento arquitetônico?

Sugestão _____

	Símbolo de Elevador	Classificação: 1 a 5 sendo 1 = péssimo e 5 excelente		
	Categoria de Avaliação	Revisor ____	Revisor ____	Revisor ____
	Sensação ao toque			
	Detectabilidade			
	Elevação			
	Desenho			
	Dimensões			
	Intuitividade			
	Considerações:			

15) Uma forma retangular é associativa para representar qual elemento arquitetônico?

Sugestão _____

	Símbolo de Porta	Classificação: 1 a 5 sendo 1 = péssimo e 5 excelente		
	Categoria de Avaliação	Revisor ____	Revisor ____	Revisor ____
	Sensação ao toque			
	Detectabilidade			
	Elevação			
	Desenho			
	Dimensões			
	Intuitividade			
	Considerações:			

16) Uma forma linear contínua é associativa para representar qual ambiente?

Sugestão _____

	Símbolo de parede	Classificação: 1 a 5 sendo 1 = péssimo e 5 excelente		
	Categoria de Avaliação	Revisor ____	Revisor ____	Revisor ____
	Sensação ao toque			
	Detectabilidade			
	Elevação			
	Desenho			
	Dimensões			
	Intuitividade			
	Considerações:			

17) Uma forma linear pontilhada é associativa para representar qual elemento arquitetônico?

Sugestão _____

	Símbolo de Assento Contínuo	Classificação: 1 a 5 sendo 1 = péssimo e 5 excelente		
	Categoria de Avaliação	Revisor ____	Revisor ____	Revisor ____
	Sensação ao toque			
	Detectabilidade			
	Elevação			
	Desenho			
	Dimensões			
	Intuitividade			
	Considerações:			

APÊNDICE III

Avaliação do Mapa Tátil

Revisor: _____

1) O mapa tátil do térreo do PAF III contribuiu para a sinalização dentro da Edificação?

Sim Não.

Sugestão: _____

2) O mapa tátil do térreo do PAF III trouxe informações que você desconhecia?

Sim Não.

Sugestão: _____

3) O mapa tátil do térreo do PAF III auxiliou na tomada de decisão?

Sim Não.

Sugestão: _____

4) Em relação à orientação espacial em um ambiente *indoor*, qual tipo de informação você prefere?

Sentido: esquerda, direita, a frente, atrás Direção: norte, sul, leste, oeste
 É indiferente

5) Em relação à influência das formas geométricas dos símbolos táteis na interpretação do mapa:

Dificultou a compreensão
 Facilitou a compreensão
 É indiferente em relação às geometrias conhecidas

6) Em relação aos mapas *indoors*, você gostaria de possuir uma cópia para conhecer o ambiente do destino antes sair de casa?

Sim Não.

Sugestão: _____

7) Considerando sua localização no ponto de partida “eu estou aqui” os sanitários estão situados:

À sua frente Atrás de você À sua esquerda À sua direita

Tempo de resposta_____

8) Analisando as dimensões da sala do NAPE:

É menor do que a sala UFBA NET

É proporcional à sala UFBA NET

É maior que a sala UFBA NET

Tempo de resposta_____

9) Em relação à densidade do mapa:

Leve Moderada Pesada

10) Explique como sair do ponto de partida “Eu estou aqui” e chegar a um destino desejado.

11) Qual a sua opinião sobre a escrita Braille da legenda gerada pela impressora 3D?

APÊNDICE IV**Perfil do Revisor** ____

1) Qual seu sexo?

 Feminino Masculino

1) Você possui qual tipo de deficiência visual?

 Cegueira Congênita Cegueira Adquirida Outra: _____

2) Em qual fase da sua vida ocorreu a cegueira adquirida?

 Infância Adolescência Adulta Possui deficiência congênita

3) Em qual faixa etária você se enquadra?

 Até 12 anos Entre 13 e 18 anos 19 e 29 anos 30 a 40 anos 41 a 50 anos >50 anos

4) Você é alfabetizado em Braille:

 Sim Não

5) Você conhece as letras do alfabeto latino?

 Sim Não