

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

EMILIA CHRISTIE PICELLI SANCHES

Modelo de tradução para acessibilidade de imagens estáticas de objetos de aprendizagem através de impressão tridimensional

CURITIBA

2018

EMILIA CHRISTIE PICELLI SANCHES

Modelo de tradução para acessibilidade de imagens estáticas de objetos de aprendizagem através de impressão tridimensional

Dissertação apresentada ao curso de Pós-Graduação em Design, Setor de Artes, Comunicação e Design, Universidade Federal do Paraná, como exigência para obtenção do grau de Mestre em Design.

Orientação: Prof.^a Dr.^a Claudia Mara Scudelari de Macedo.

Coorientação: Prof.^a Dr.^a Juliana Bueno.

CURITIBA

2018

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELO SISTEMA DE
BIBLIOTECAS/UFPR-BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS HUMANAS
MARIA TERESA ALVES GONZATI, CRB 9/1584
COM OS DADOS FORNECIDOS PELO(A) AUTOR(A)

Sanches, Emilia Christie Picelli.

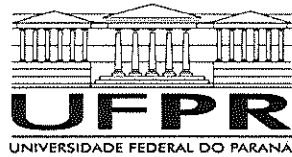
Modelo de tradução para acessibilidade de imagens estáticas de objetos de aprendizagem através de impressão tridimensional / Emilia Christie Picelli Sanches. – Curitiba, 2018.
193 f.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná . Setor de Artes, Comunicação e Design, Programa de Pós-Graduação em Design.

Orientadora: Prof^ª Dr^ª Cláudia Mara Scudelari de Macedo
Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Juliana Bueno

1. Design – Imagens, ilustrações, etc. – Acessibilidade. 2. Impressão 3D. I. Título. II. Universidade Federal do Paraná.

CDD 741.6



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR ARTES, COMUNICAÇÃO E DESIGN
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO DESIGN

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação em DESIGN da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **EMILIA CHRISTIE PICELLI SANCHES**, intitulada: **MODELO DE TRADUÇÃO PARA ACESSIBILIDADE DE IMAGENS ESTÁTICAS DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM ATRAVÉS DE IMPRESSÃO TRIDIMENSIONAL**, após terem inquirido a aluna e realizado a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua Aprovação com distinção no rito de defesa.

A outorga do título de Mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

Curitiba, 21 de Fevereiro de 2018.

JULIANA BUENO(UFPR)

(Presidente da Banca Examinadora)

MARÍLIA ABRAHÃO AMARAL(UFPR)

STEPHANIA PADOVANI(UFPR)

AGRADECIMENTOS

Esta dissertação é fruto de muita pesquisa, trabalho e parcerias ao longo de dois anos. Realizar um mestrado não é, definitivamente, um percurso que deve ser percorrido sozinho. Pelo meu crescimento profissional, acadêmico e pessoal, meus sinceros agradecimentos:

Ao Theodor, mentor de todas as horas e incansável amigo.

A família, em especial aos meus pais Ludimeri e José Carlos, e a Geovana, pelo incondicional apoio e amor, me amparando em todos os obstáculos e festejando todas as alegrias.

A CAPES, pela bolsa de estudos concedida.

A Prof.^a Dr.^a Juliana Bueno, por acreditar na minha pesquisa, pela amizade e pela melhor coorientação que alguém poderia almejar, sempre presente e disposta a ajudar.

A Prof.^a Dr.^a Claudia Macedo, por me abrir o caminho ao mestrado e ao tema da acessibilidade, por acreditar no meu potencial e por instigar meu desenvolvimento como pesquisadora.

Aos professores do PPGDesign, pelos conhecimentos adquiridos, pelo apoio e orientações acadêmicas.

A Prof.^a Dr.^a Carolina Calomeno, por seus ensinamentos, aulas e parceria, apoiando meu futuro como docente e pesquisadora.

Aos meus amigos do mestrado, em especial da turma de SI, Amaury, Bolívar, Chris, Marília e Renato, que compartilharam as alegrias e dificuldades deste percurso.

Aos participantes voluntários da pesquisa, pela oportunidade, disposição e contribuições, pois sem eles a pesquisa não aconteceria.

As avaliadoras das bancas de qualificação e defesa, pelas críticas, comentários e sugestões que foram imprescindíveis para a qualidade da pesquisa.

Muito obrigada!

RESUMO

Na área da Educação, há uma necessidade de pesquisas que proporcionem que recursos didáticos se tornem acessíveis para as pessoas cegas. Neste sentido, o estudo de objetos de aprendizagem voltados a este público é fundamental. Para tanto, para serem acessíveis de fato, estes objetos de aprendizagem devem apresentar seu conteúdo de acordo com princípios e recomendações de acessibilidade. Uma imagem tátil se caracteriza como um objeto de aprendizagem e uma forma de transformá-la em acessível ao público cego é por meio da percepção tátil. Sendo assim, esta pesquisa tem por objetivo propor um modelo de tradução de imagens estáticas bidimensionais, existentes em objetos de aprendizagem, em imagens táteis tridimensionais, para utilização da impressão 3D como recurso produtivo, para que se tornem acessíveis aos cegos. Para que o objetivo fosse alcançado, o método proposto é caracterizado como sendo de natureza aplicada, objetivo descritivo e abordagem qualitativa, e foi dividido em 4 fases de execução: modelo de tradução, tradução tátil e impressão 3D, testes com usuários cegos, e cruzamento e análise dos dados. Como resultado, visou-se contribuir com o campo da acessibilidade educacional, apresentando requisitos de produção das imagens táteis através da impressão 3D.

Palavras-chave: acessibilidade. objetos de aprendizagem. imagens táteis. impressão 3D.

ABSTRACT

On the Education field, there is a need of research that allow didactic resources to become accessible to blind people. In this scope, the study of learning objects towards this public is fundamental. Therefore, to be actually accessible, these learning objects should present themselves accordingly to the principles and recommendations of accessibility. A tactile image is characterized as a learning object and a way of transform it to be accessible to the blind public is through the tactile perception. Therefore, this research aims to propose a translation model of these two-dimensional static images, from learning objects, into three-dimensional tactile images, utilizing 3D printing as a manufacturing tool, to be accessible for the blind. To reach this objective, the proposed method is characterized as being of applied nature, descriptive purpose and qualitative approach. It was divided into 4 execution phases: translating model, tactile translation and 3D printing, tests with blind users, and data crossing and analysis. Thus, it is intended to contribute with the accessibility in education, presenting requirements to produce tactile images through 3D printing.

Keywords: accessibility. learning objects. tactile images. 3D printing.

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1	Exemplos de imagens táteis feitas em madeira.....	34
FIGURA 2	Exemplos de imagens táteis feitas em EVA.....	35
FIGURA 3	Termoformagem colorida.....	35
FIGURA 4	Termoformagem branca.....	36
FIGURA 5	Impressão em papel microencapsulado.....	36
FIGURA 6	Exemplo de imagem tátil impresso em 3D.....	37
FIGURA 7	Princípio da manufatura por camadas.....	38
FIGURA 8	Arquivos STL com diferentes configurações.....	42
FIGURA 9	Pós processamento de objeto impresso.....	42
FIGURA 10	Processo de impressão FDM.....	43
FIGURA 11	Variáveis gráficas táteis.....	46
FIGURA 12	Leiaute de um mapa tátil.....	47
FIGURA 13	Fluxograma de decisão.....	48
FIGURA 14	Paleta de texturas, estilos de linhas e setas.....	51
FIGURA 15	Elementos 2D e 3D das imagens táteis.....	52
FIGURA 16	Elementos bi e tridimensionais das imagens táteis.....	53
FIGURA 17	Modelo tátil da arquitetura da sinagoga.....	53
FIGURA 18	Mapa tátil da biblioteca da UNICAMP.....	54
FIGURA 19	Símbolos 2D e 3D.....	55
FIGURA 20	Imagens táteis das fotos de Jaquelina Rolim.....	55
FIGURA 21	Mapa tátil pronto.....	56
FIGURA 22	Autores utilizados para o quadro de recomendações.....	58
FIGURA 23	Imagem estática: mapa de climas brasileiros.....	63
FIGURA 24	Modelo digital da imagem tátil traduzida.....	63
FIGURA 25	Caracterização da pesquisa.....	65
FIGURA 26	Visão geral do método.....	66
FIGURA 27	Mapa geográfico.....	69
FIGURA 28	Mapa estatístico.....	70
FIGURA 29	Mapa de rota.....	70
FIGURA 30	Mapa estatístico de rota.....	71
FIGURA 31	Entrevistas sobre Geografia e imagens táteis.....	73
FIGURA 32	Composição do modelo de tradução.....	83
FIGURA 33	Primeira página do modelo de tradução – versão inicial.....	85
FIGURA 34	Segunda página do modelo de tradução – versão inicial.....	86
FIGURA 35	Terceira página do modelo de tradução – versão inicial.....	87
FIGURA 36	Quarta página do modelo de tradução – versão inicial.....	88
FIGURA 37	Quinta página do modelo de tradução – versão inicial.....	89
FIGURA 38	Sexta página do modelo de tradução – versão inicial.....	90
FIGURA 39	Mapa dos climas brasileiros.....	91
FIGURA 40	<i>Softwares</i> utilizados, estratégia e dificuldade dos testes pelos designers.....	92
FIGURA 41	Resultado dos testes com designers.....	94
FIGURA 42	Composição do modelo em sua segunda versão.....	96
FIGURA 43	Mapa das regiões geográficas do Paraná.....	97
FIGURA 44	Mapa da temperatura média anual do Paraná.....	98
FIGURA 45	Mapa das principais rodovias do Paraná.....	98
FIGURA 46	Mapa das altitudes e estradas do Paraná.....	99
FIGURA 47	Linha do tempo para a tradução das imagens táteis.....	101

FIGURA 48	Imagem contornada no software Illustrator.....	102
FIGURA 49	Modelagem digital da imagem tátil.....	102
FIGURA 50	Impressora 3D Stella.....	103
FIGURA 51	Mapa geográfico tátil (regiões geográficas).....	104
FIGURA 52	Mapa estatístico tátil.....	104
FIGURA 53	Mapa de rotas tátil.....	105
FIGURA 54	Mapa estatístico de rotas tátil – dividido em 2 imagens táteis.....	106
FIGURA 55	Perfil dos voluntários para o teste piloto.....	109
FIGURA 56	Perfil dos voluntários para o teste de compreensão.....	110
FIGURA 57	Participante lendo o mapa de rotas.....	115
FIGURA 58	Participante lendo o mapa geográfico.....	116
FIGURA 59	Processo de transformação dos problemas e sugestões em recomendações.....	125
FIGURA 60	Natureza dos problemas e sugestões.....	126
FIGURA 61	Legenda das alterações entre as versões inicial e final.....	129
FIGURA 62	Primeira página do modelo de tradução – versão final.....	130
FIGURA 63	Segunda página do modelo de tradução – versão final.....	131
FIGURA 64	Terceira página do modelo de tradução – versão final.....	132
FIGURA 65	Quarta página do modelo de tradução – versão final.....	133
FIGURA 66	Quinta página do modelo de tradução – versão final.....	134
FIGURA 67	Sexta página do modelo de tradução – versão final.....	135
FIGURA 68	Sétima página do modelo de tradução – versão final.....	136
FIGURA 69	Oitava página do modelo de tradução – versão final.....	137
FIGURA 70	Nona página do modelo de tradução – versão final.....	138
FIGURA 71	Décima página do modelo de tradução – versão final.....	139
FIGURA 72	Composição do modelo de tradução, versão final.....	140
FIGURA 73	Imagem utilizada no teste.....	160

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1	Diretrizes para imagens estáticas.....	29
QUADRO 2	Processos de prototipagem rápida.....	39
QUADRO 3	Diretrizes para criação de imagens táteis.....	49
QUADRO 4	Sumarização de referências, áreas de atuação e tipos de impressão 3D.....	57
QUADRO 5	Recomendações para criação de imagens táteis para impressão 3D.....	59
QUADRO 6	Obras resultantes da RBS.....	80
QUADRO 7	Relação entre os níveis de Engelhardt (2002) e o modelo de tradução.....	84
QUADRO 8	Resultado do piloto.....	112
QUADRO 9	Resultado do teste de compreensão.....	119
QUADRO 10	Novas recomendações para tradução tátil.....	127
QUADRO 11	Base de dados utilizadas e idiomas definidos para as buscas.....	154
QUADRO 12	Palavras-chave em português e inglês.....	154
QUADRO 13	Critérios de inclusão e exclusão.....	155
QUADRO 14	Obras resultantes da RBS.....	157
QUADRO 15	Repositórios de objetos de aprendizagem.....	172
QUADRO 16	Resultados dos testes de compreensão, individuais.....	181

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Número de pessoas com deficiência visual.....	14
TABELA 2	Filtros de leitura e seus resultados.....	156
TABELA 3	Número de obras encontradas em cada base de dado.....	156

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

3D	Tridimensional
3DP	Impressão Tridimensional (<i>3-Dimensional Printing</i>)
ABS	Acrilonitrila Butadieno Estireno (<i>Acrylonitrile Butadiene Styrene</i>)
BANA	<i>Braille Authority of North America</i>
BI3D	Boa Impressão 3D
BIOE	Banco Internacional de Objetos de Aprendizagem
CAD	Desenho Assistido por Computador (<i>Computer Aided Design</i>)
CAP	Centro de Apoio Pedagógico
EVA	Espuma Vinílica Acetinada
FDM	Modelagem por Fusão e Deposição (<i>Fused Deposition Modelling</i>)
GLOBE	<i>Global Learning Objects Brokering Exchange</i>
IBC	Instituto Benjamin Constant
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IEEE	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i>
IJP	Impressão a Jato de Tinta (<i>Ink Jet Printing</i>)
IMS-GLC	<i>Instructional Management Systems - Global Learning Consortium</i>
LabVirt	Laboratório Didático Virtual
LENS	Fabricação da Forma Final a Laser (<i>Laser Engineered Net Shaping</i>)
LOM	Manufatura Laminar de Objetos (<i>Laminated Object Manufacturing</i>)
MEC	Ministério da Educação
MERLOT	<i>Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching</i>
MIT	<i>Massachusetts Institute of Technology</i>
NAPEAD	Núcleo de Apoio Pedagógico à Educação a Distância
OMS	Organização Mundial de Saúde
PC	Polícarbonato
PDF	<i>Portable Document Format</i>
PE	Polietileno
PET	Polietileno Tereftalato
PLA	Poliláctico (<i>Polyactic Acid</i>)
PLT	Tecnologia com Lâminas de Papel (<i>Paper Lamination Technology</i>)
PPSV	Polifenilsulfona
PVC	Policloreto de Polivinila
RBS	Revisão Bibliográfica Sistemática
REA	Recursos Educacionais Abertos
RepRap	<i>Replicating Rapid Prototyper</i>
RGS	Representações Gráficas de Síntese
SEED	Secretaria de Estado da Educação do Paraná
SL	Estereolitografia (<i>StereoLithography</i>)
SLS	Sinterização Seletiva a Laser (<i>Selective Laser Sintering</i>)
STL	<i>STereoLithography</i>
TA	Tecnologia Assistiva
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
UFRGS	Universidade Federal do Rio Grande do Sul
UN	Nações Unidas (<i>United Nations</i>)
UNICAMP	Universidade Estadual de Campinas
USP	Universidade de São Paulo
UV	Ultravioleta
W3C-WCAG	<i>World Wide Web Consortium - Web Content Accessibility Guidelines</i>

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	14
1.1.	DELIMITAÇÃO DO ESCOPO.....	16
1.2.	PROBLEMA DE PESQUISA.....	16
1.3.	OBJETIVO GERAL.....	16
1.4.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	17
1.5.	JUSTIFICATIVA.....	17
1.6.	ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO.....	18
2.	ACESSIBILIDADE NA EDUCAÇÃO PARA CEGOS.....	19
2.1.	ACESSIBILIDADE INFORMACIONAL.....	19
2.2.	CEGUEIRA E TECNOLOGIA ASSISTIVA.....	21
2.3.	INCLUSÃO EDUCACIONAL DE CEGOS.....	24
2.4.	OBJETOS DE APRENDIZAGEM.....	25
2.5.	SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	30
3.	ACESSIBILIDADE DE IMAGENS TÁTEIS.....	32
3.1.	PERCEPÇÃO ATRAVÉS DO TATO.....	32
3.2.	IMAGENS TÁTEIS.....	33
3.3.	IMPRESSORAS 3D.....	38
3.3.1	Impressoras 3D FDM.....	41
3.4.	TRADUÇÃO DE IMAGENS ESTÁTICAS PARA PERCEPÇÃO TÁTIL.....	45
3.4.1.	Impressão 3D no auxílio da percepção tátil de imagens.....	52
3.4.2.	Recomendações de tradução para imagens táteis impressas em 3D.....	58
3.4.	SÍNTESE E CONCLUSÕES DO CAPÍTULO.....	64
4.	MÉTODO DA PESQUISA.....	65
4.1.	CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	65
4.2.	FASE 1: MODELO DE TRADUÇÃO.....	67
4.2.1	Framework de análise gráfica de Engelhardt (2002).....	67
4.3.	FASE 2: TRADUÇÃO TÁTIL E IMPRESSÃO 3D.....	71
4.3.1.	Geografia e os mapas táteis.....	72
4.4.	FASE 3: TESTES COM USUÁRIOS CEGOS.....	74
4.5.	FASE 4: CRUZAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS.....	75
4.6.	TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS.....	76
4.7	SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	78
5.	MODELO DE TRADUÇÃO E IMPRESSÃO 3D.....	80
5.1.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA.....	80
5.2.	PROPOSIÇÃO DO MODELO.....	82
5.3.	TESTE COM DESIGNERS.....	91

5.4.	COLETA E SELEÇÃO DE IMAGENS ESTÁTICAS BIDIMENSIONAIS.....	96
5.5.	APLICAÇÃO DO MODELO DE TRADUÇÃO.....	99
5.6.	MODELAGEM E IMPRESSÃO 3D.....	100
5.7.	SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	107
6.	TESTES DE COMPREENSÃO E MODELO FINAL.....	108
6.1.	SELEÇÃO E PERFIL DOS VOLUNTÁRIOS.....	108
6.2.	TESTES PILOTO.....	110
6.3.	TESTES DE COMPREENSÃO.....	115
6.4.	ATUALIZAÇÃO DO MODELO DE TRADUÇÃO.....	124
6.5.	SÍNTESE DO CAPÍTULO.....	141
7.	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	142
7.1.	CONCLUSÕES.....	142
7.2.	LIMITAÇÕES DA PESQUISA.....	144
7.3.	DESDOBRAMENTOS FUTUROS.....	144
	REFERÊNCIAS.....	145
	APÊNDICE A – ENTREVISTA COM UMA PROFESSORA DE GEOGRAFIA.....	151
	APÊNDICE B – RBS.....	154
	APÊNDICE C – TCLE DO TESTE COM DESIGNERS.....	159
	APÊNDICE D - PROTOCOLO DE TESTE COM DESIGNERS.....	160
	APÊNDICE E - MODELO DE TRADUÇÃO - SEGUNDA VERSÃO.....	162
	APÊNDICE F - REPOSITÓRIOS DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM.....	172
	APÊNDICE G – TCLE TESTES PILOTO E DE COMPREENSÃO.....	174
	APÊNDICE H – TCLE PARA MENORES DE IDADE.....	175
	APÊNDICE I - PROTOCOLO DO TESTE PILOTO.....	176
	APÊNDICE J - PROTOCOLO DO TESTE DE COMPREENSÃO.....	178
	APÊNDICE K - RESULTADOS DOS TESTES DE COMPREENSÃO.....	181

1. INTRODUÇÃO

As Nações Unidas (UN) estimam haver no mundo 1 bilhão de pessoas com algum tipo de deficiência, o que equivale a 1 a cada 7 pessoas (UN, 2016). De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010), 23,9% da população brasileira possui algum tipo de deficiência, sendo a deficiência visual com maior incidência entre a população, atingindo 35.324.392 habitantes dos 45.606.048 que declararam possuir pelo menos uma das deficiências investigadas pelo censo demográfico de 2010, dentre elas: deficiência visual, auditiva, motora e mental/intelectual. O IBGE (2010) delimitou três classificações para a deficiência visual - alguma dificuldade de enxergar, grande dificuldade de enxergar e não consegue enxergar de modo algum (TABELA 1).

TABELA 1 - Número de pessoas com deficiência visual.

Deficiência visual	População
Alguma dificuldade de enxergar	29.211.482
Grande dificuldade de enxergar	6.056.533
Não consegue enxergar	506.377
Total	35.324.392

FONTE: IBGE (2010).

As duas primeiras classificações - alguma dificuldade e grande dificuldade de enxergar - são chamadas também de baixa visão, enquanto a última classificação - não consegue enxergar, é chamada também de cegueira. A pessoa com baixa visão é aquela que possui perda visual severa, mas que ainda mantém resíduos visuais, enquanto a pessoa cega é aquela que apresenta desde a perda total da visão até a ausência de percepção luminosa (IBGE, 2010; QUEVEDO; ULBRICHT, 2011).

Os números obtidos pelo IBGE (2010) sobre a deficiência visual refletem a necessidade de inclusão e acessibilidade em diversas áreas, dentre elas a Educação. Uma das formas de promover e abrir oportunidades de pesquisa de acessibilidade na Educação é através dos objetos de aprendizagem, devido à sua valorização como recurso didático.

Os objetos de aprendizagem surgiram no campo da Educação com o objetivo de difundir o conhecimento. Eles são reutilizados e aplicados em inúmeras situações educacionais, e por conta disso, precisam ser acessíveis a qualquer tipo de público, independente das possíveis desabilidades e dificuldades. Para Macedo (2010, p. 85), objetos que são acessíveis desde o seu desenvolvimento

“podem ser usados por qualquer usuário potencial, independente de limitações deste, do ambiente ou de tecnologia”.

Para a educação de pessoas com deficiência visual, especialmente pessoas cegas, é pertinente entender como percebem e processam a informação, entender suas habilidades e capacidades cognitivas (CYBIS, 2003). De acordo com Sacks (2010), pessoas cegas possuem o córtex visual hipersensível a estímulos de outros sentidos, enaltecendo os sentidos táteis e auditivos para o entendimento do que é visual. Quevedo e Ulbricht (2011) apontam a problemática dos atrasos motores e cognitivos das pessoas com deficiência visual, onde tais atrasos não ocorrem em consequência da deficiência, mas sim, pela falta de experiências do indivíduo ao seu entorno e seu contexto. Logo, em um ambiente educacional inclusivo, é preciso oferecer o mesmo conteúdo tanto para estudantes videntes quanto para estudantes cegos - através de materiais alternativos ou equivalentes.

Na ausência da visão, como em qualquer outro tipo de deficiência, Macedo (2010, p. 171) aponta que os objetos de aprendizagem devem apresentar conteúdos ou mídias alternativas quando formas equivalentes não são suficientes para a compreensão do objetivo de aprendizagem. Além disso, a autora comenta que para imagens estáticas, por exemplo, se forem imprescindíveis para a compreensão de um conceito, uma das formas de se tornarem acessíveis às pessoas que possuem deficiência visual em nível de cegueira, é serem transformadas em recurso tátil.

No campo do design, de acordo com Benyon (2011), há duas abordagens possíveis em relação à acessibilidade: o design inclusivo e o design universal. Para o autor, o design inclusivo é mais pragmático, enquanto o design universal é mais utópico e filosófico.

O design universal tem como objetivo geral prover o maior benefício de qualquer serviço, espaço, produto, ferramenta para o maior número de pessoas possível, independente de deficiências, culturas, dificuldades, preferências, estilos de aprendizagem ou habilidades e é apresentado em 7 princípios (CHISHOLM; MAY, 2009; MACEDO, 2010). Na Educação, design universal significa prover acesso igualitário ao aprendizado, não simplesmente acesso igualitário à informação - favorecendo assim um aprendizado efetivo dos estudantes (COUNCIL FOR EXCEPTIONAL CHILDREN, 2005).

Dentre os 7 princípios do design universal, o princípio da informação perceptível é o mais próximo ao se falar de compreensão de conteúdos educativos. Este visa comunicar “as informações necessárias de forma efetiva ao usuário, independente do ambiente ou habilidades sensoriais do usuário” (NCSU, 1997, tradução nossa).

1.1. DELIMITAÇÃO DO ESCOPO

Esta pesquisa tem como foco a possibilidade da utilização dos recursos de impressão 3D para a transformação de imagens estáticas - apresentadas em objetos de aprendizagem - em imagens táteis, visando a acessibilidade de pessoas cegas. Desta forma, propõe um modelo de tradução de imagens estáticas em imagens táteis, valendo-se de teoria e pesquisa de campo.

Primeiramente, os conceitos de objetos de aprendizagem utilizados foram obtidos de Macedo (2010), com diretrizes de acessibilidade elencadas a partir das recomendações da organização *Instructional Management Systems - Global Learning Consortium* (IMS-GLC) e da *World Wide Web Consortium - Web Content Accessibility Guidelines* (W3C-WCAG) 1.0 e 2.0, e dos princípios do design universal

Já para a escolha das imagens estáticas, selecionou-se a área de Geografia, no estudo de mapas geográficos, estatísticos e de rotas, porque, para pessoas cegas, a modalidade tátil se torna indispensável para a compreensão total de seu conteúdo.

Como parte da transformação das imagens estáticas bidimensionais em imagens táteis, foi utilizado o modelo de análise de objetos gráficos de Engelhardt (2002), que propõe uma estrutura de análise sintática e de significado para mapas, gráficos e diagramas, que corrobora com a escolha do tema das imagens ser a de mapas geográficos, estatísticos ou de rotas.

Por fim, as imagens táteis foram impressas em 3D, pois esta tecnologia de impressão serve como um recurso que permite o acesso de pessoas com deficiência visual aos materiais educacionais de forma tátil (GRUENWALD, 2014).

1.2. PROBLEMA DE PESQUISA

Diante do exposto, considerando que imagens estáticas podem se tornar imagens táteis para a acessibilidade de sujeitos cegos e, levando-se em conta o papel do design da informação, a presente dissertação busca responder o seguinte problema: **como traduzir imagens estáticas bidimensionais, de objetos de aprendizagem, em imagens táteis, para a acessibilidade de pessoas cegas?**

1.3. OBJETIVO GERAL

Propor um modelo de tradução de imagens estáticas bidimensionais, existentes em objetos de aprendizagem, em imagens táteis impressas em 3D, para a acessibilidade de pessoas cegas.

1.4. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar necessidades da representação tátil no processo de aprendizagem de pessoas cegas utilizando objetos de aprendizagem;
- Identificar abordagens e recomendações, através de referencial teórico, para o planejamento e execução de imagens táteis impressas em 3D;
- Propor requisitos para a tradução de imagens estáticas em imagens táteis;
- Validar a aplicabilidade do modelo de tradução proposto com designers e pessoas cegas.

1.5. JUSTIFICATIVA

Esta dissertação se justifica por duas razões principais: pela inclusão social, com a contribuição para a acessibilidade de recursos educacionais às pessoas cegas através da impressão 3D; e acadêmica, pois colabora com o campo do design da informação e da acessibilidade.

Em um sentido mais específico, a questão da inclusão social justifica a pesquisa porque o acesso ao conhecimento e ao ensino é direito de todas as pessoas, independente de deficiências ou obstáculos. Entretanto, no Brasil, ainda há a precarização da Educação, especialmente ao acesso escolar inclusivo (DALL'ACQUA, 2009), que engloba desde o atendimento pessoal até a disposição de materiais acessíveis, o que reforça a necessidade de pesquisar e buscar novas maneiras para a democratização do ensino. Aqui, a justificativa social se desdobra em outras secundárias, já que, almejar um ensino igualitário e acessível não só possui características sociais e educacionais, mas também engloba também questões políticas, culturais e econômicas do país.

Na questão acadêmica esta pesquisa se adere ao programa pois, como abordam Chicca Junior, Castillo e Coutinho (2015), o design da informação não possui apenas uma definição concreta, mas compartilha de um ponto comum dentre os conceitos, que é a manipulação e a preocupação em repassar uma mensagem ao usuário final de maneira eficaz e eficiente, satisfazendo suas necessidades informacionais. Além disso, “mesmo que o design da informação contemporâneo esteja mais relacionado à parte gráfica (impressa ou digital), ele pode também transmitir conteúdo além do visual e estimular outros sentidos” (CHICCA JUNIOR; CASTILLO; COUTINHO, 2015, p. 1356). Sendo assim, como uma imagem estática é também uma mensagem, é possível extrapolar os níveis bidimensionais dessa imagem e trabalhar com o tridimensional, a fim de sanar a necessidade de um usuário cego através do sentido tátil.

Ademais, uma lacuna informacional foi percebida através da Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), que buscou investigar obras que abordavam o assunto da acessibilidade informacional para

cegos, através do tato. Dentre os 22 resultados encontrados, não foi localizado um modelo concreto para a transformação do visual para o tátil.

1.6. ESTRUTURA DA DISSERTAÇÃO

Esta dissertação é dividida em 7 capítulos, assim dispostos:

- Capítulo 1 - Introdução: contextualiza e delimita o objeto de estudo, além de abordar o problema de pesquisa, o objetivo geral e os objetivos específicos.
- Capítulo 2 - Acessibilidade na Educação para cegos: conceitua a acessibilidade informacional, define a cegueira e a Tecnologia Assistiva, e estreita o conteúdo para a inclusão dos cegos na Educação, objetos de aprendizagem e suas diretrizes de acessibilidade.
- Capítulo 3 - Acessibilidade de imagens táteis: discute a percepção tátil no contexto da cegueira, apresenta as imagens táteis, a impressão 3D em conceitos gerais e técnicos, enfatiza a utilização da impressora 3D FDM (*Fused Deposition Modelling*) para a produção de imagens táteis, e expõe literatura sobre a tradução de imagens estáticas para percepção tátil.
- Capítulo 4 - Métodos da pesquisa: capítulo para a explanação dos procedimentos metodológicos, do detalhamento das 4 fases envolvidas na pesquisa, desde a concepção do modelo de tradução até a análise de dados finais.
- Capítulo 5 - Modelo de tradução e impressão 3D: apresenta os resultados das 2 primeiras fases, como a RBS, a criação do modelo de tradução preliminar, o teste com designers, a coleta de imagens estáticas bidimensionais, o processo de criação e impressão 3D das imagens táteis.
- Capítulo 6 - Testes de compreensão e modelo final: apresenta os resultados das 2 últimas fases da dissertação, abordando o perfil dos voluntários, os testes piloto, o teste de compreensão das imagens táteis e a análise dos dados. Também discute os resultados a fim de propor o modelo de tradução final.
- Capítulo 7 - Considerações finais: aborda a importância do conhecimento gerado pela pesquisa e pelo resultado final - modelo de tradução de imagens estáticas bidimensionais para imagens táteis, também discute falhas e acertos durante o desenvolvimento e propõe desdobramentos futuros.

2. ACESSIBILIDADE NA EDUCAÇÃO PARA CEGOS

Este capítulo expõe os aspectos considerados neste trabalho para promover a acessibilidade de imagens em objetos de aprendizagem. Inicia com a conceituação de acessibilidade, cegueira e Tecnologia Assistiva, para então entrar no campo da acessibilidade na Educação. Por fim, apresenta os objetos de aprendizagem e suas características, expondo também diretrizes de acessibilidade para imagens estáticas provenientes de objetos de aprendizagem.

2.1. ACESSIBILIDADE INFORMACIONAL

A acessibilidade é um tema abrangente, relacionado à inclusão social, cultural e econômica de pessoas com deficiência (temporária ou permanente), que apesar de ter sido inicialmente relacionado com a necessidade de transposição de obstáculos arquitetônicos, hoje engloba qualquer tipo de barreira enfrentada, seja no acesso à informação ou espaços arquitetônicos, seja na utilização de serviços ou produtos, a partir do atendimento de normas e padrões (MACEDO, 2010; ULBRICHT; VANZIN; VILLAROUCO, 2011; MELO, 2014).

No Brasil, o decreto 5.296 de 2 de dezembro de 2004 define acessibilidade como:

Condição para utilização, com segurança e autonomia, total ou assistida, dos espaços, mobiliários e equipamentos urbanos, das edificações, dos serviços de transporte e dos dispositivos, sistemas e meios de comunicação e informação, por pessoa portadora de deficiência ou com mobilidade reduzida (BRASIL, 2004, Art. 8).

Como parte desses espaços de comunicação e informação, sejam eles digitais ou físicos, é possível citar a internet e tudo o que ela abrange, serviços telefônicos e televisivos, bulas de medicamento, equipamentos eletroeletrônicos, mecânicos de uso domésticos (BRASIL, 2004, Cap. VI), e aqui são encaixados também os objetos de aprendizagem. Benyon (2011) comenta 5 razões pelas quais as pessoas poderiam encontrar barreiras de acesso aos sistemas em espaços de informação: exclusões físicas, conceituais, econômicas, culturais e sociais. Enquanto que Nunes, Machado e Vanzin (2011, p.194) especificam que barreiras encontradas nos sistemas de comunicação são os “entraves que dificultam ou impossibilitam a expressão e o recebimento de mensagens”.

Nas interações humano-computador, “o critério de acessibilidade está relacionado com a capacidade do usuário acessar o sistema para interagir com ele, sem que a interface imponha obstáculos” (BARBOSA; SILVA, 2010, p. 32), ou seja, é a “usabilidade proporcionada para um usuário com necessidades especiais” (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015, p.400). É possível dizer, então, que

acessibilidade é parte integrante da área da usabilidade, pois enquanto a usabilidade é aplicada a todos os usuários, a acessibilidade é focada para os usuários com algum tipo de deficiência (MACEDO, 2010).

Em relação à navegação web, o W3C define 4 princípios de acessibilidade (W3C, 2008; MELO, 2014), sendo eles:

- Princípio 1: perceptível - informação e componentes de interface precisam ser apresentáveis aos usuários de forma perceptível.
- Princípio 2: operável - componentes de interface e navegação devem ser operáveis.
- Princípio 3: compreensível - informação e a operação da interface do usuário devem ser compreensíveis.
- Princípio 4: robusto - conteúdo deve ser suficientemente robusto para que seja interpretado de modo confiável por uma ampla variedade de agentes usuários, incluindo tecnologia assistiva (W3C, 2008, tradução nossa).

O design universal também é ligado ao tema da acessibilidade, com a proposta de 7 princípios que visam incluir no processo de design o maior número de pessoas possível, atendendo suas necessidades (CHISHOLM; MAY, 2009). Os 7 princípios do design universal são:

- Uso equitativo: é útil e comercializável para pessoas com diversas habilidades;
- Flexibilidade no uso: acomoda uma ampla variedade de preferências e habilidades individuais;
- Uso simples e intuitivo: o uso é fácil de entender, independente da experiência, conhecimento, habilidades linguísticas ou nível de concentração do usuário;
- Informação perceptível: comunica as informações necessárias de forma efetiva ao usuário, independente do ambiente ou habilidades sensoriais do usuário;
- Tolerância ao erro: minimiza riscos e consequências adversas de ações acidentais ou não intencionais;
- Baixo esforço físico: pode ser utilizado eficientemente e confortavelmente e com um mínimo de fadiga;
- Tamanho e espaço para aproximação e uso: tamanho e espaço são providos para a aproximação, alcance, manipulação e uso, independente do tamanho do corpo do usuário, postura ou mobilidade (NCSU, 1997, tradução nossa).

Através dos princípios, tanto o design universal quanto o W3C detém a capacidade de prover soluções para qualquer usuário em potencial, independente de deficiências. É possível também perceber similaridades entre os princípios. O princípio “perceptível” do W3C faz relação direta com o princípio da “informação perceptível” do design universal, assim como o princípio “robusto” do W3C traz semelhanças com os princípios de “flexibilidade no uso” e “tolerância ao erro” do design universal.

Apesar da relação principal da acessibilidade com a deficiência, outras pessoas que também possuem necessidades especiais se encaixam no perfil, tais quais os idosos, crianças e analfabetos (CYBIS; BETIOL; FAUST, 2015). Já os perfis distintos de deficiência podem ser: física, auditiva, visual ou mental, considerando tanto a condição permanente dessa deficiência quanto a temporária (BRASIL, 2004, Cap. II). Pessoas com deficiência visual se distinguem entre daltônicos, pessoas com baixa visão

e pessoas cegas.

2.2. CEGUEIRA E TECNOLOGIA ASSISTIVA

O IBGE (2010) aponta a existência de cerca de 35,5 milhões pessoas com algum tipo de deficiência visual - variando-se entre alguma dificuldade visual até a cegueira total. Sendo que deste número, cerca de 500 mil pessoas são consideradas cegas.

Pessoas cegas, de acordo com Conde (2005), são aquelas que possuem tal prejuízo em sua capacidade visual ao ponto de incapacitar os exercícios diários e rotineiros. Dentro da classificação da cegueira, o autor demonstra a existência de duas categorias, os cegos parciais e os totais. Cegos parciais são aqueles que possuem certo grau de resíduo visual e, dependendo deste grau, podem ainda enxergar vultos, contar dedos a uma distância próxima ao rosto, distinguir claro e escuro ou detectar a direção da luz. Já os cegos totais são aqueles que não possuem percepção luminosa, ou seja, apresentam a perda total da visão. Em complemento, pelo conceito de cegueira aprovado pela Organização Mundial de Saúde - OMS em 1972 (AMIRALIAN, 1997), uma pessoa é considerada cega se:

[...] a visão corrigida do melhor dos seus olhos é de 20/200 ou menos, isto é, se ela pode ver a 20 pés (6 metros) o que uma pessoa de visão normal pode ver a 200 pés (60 metros), ou se o diâmetro mais largo do seu campo visual subentende um arco não maior de 20 graus, ainda que sua acuidade visual nesse estreito campo possa ser superior a 20/200 (CONDE, 2005).

Quevedo e Ulbricht (2011, p.162-163) explicam que o “campo visual é a amplitude, a abrangência do ângulo da visão em que os objetos são focalizados”. Além disso, “acuidade visual é uma característica do olho de reconhecer dois pontos muito próximos” (QUEVEDO; ULBRICHT, 2011, p. 162-163).

Duarte (2011) dimensiona a cegueira em dois diferentes aspectos: cego e agnóstico. A autora descreve que a cegueira se difere em:

[...] possuir ou não um aparelho visual que promova a captação de imagens, e possuir ou não uma experiência de vida (e padrões neurais) que permita decodificar os sinais projetados na mente pelo aparelho visual. A medicina denomina cego aquele cujo aparelho visual não permite a captação de imagens e agnóstico aquele que possui um aparelho visual capaz de captar imagens, mas, ainda assim, não é capaz de decodificá-las. O cego de nascença é também agnóstico (DUARTE, 2011, p.74).

Se tratando ainda da decodificação visual e imagens mentais, Amiralian (1997) faz a diferenciação entre cegos congênitos ou pessoas com cegueira adquirida. Para ser classificado como cego congênito, estudos apontam que o sujeito deve ter nascido cego ou adquirido a cegueira até os 5

anos de idade, já que até essa idade não haveria retenção de imagens mentais visuais por parte da criança (AMIRALIAN, 1997). O sujeito tornando-se cego, então, após os 5 anos de idade, é considerado cego adquirido.

Neste sentido, vale deixar claro que, tanto cegos congênitos quanto pessoas que adquiriram a cegueira após os 5 anos de idade possuem imagens mentais, mesmo que não possuam a capacidade de decodificar o que é visual. O que difere são as características destas imagens, que no caso da cegueira adquirida, pode ainda manter imagens visuais (resultantes da memória visual de quando enxergavam e são, portanto, capazes de decodificar o visual). Enquanto, na cegueira congênita, a imagem mental depende de outros sentidos que não o visual (TAKIMOTO, 2014).

Independente da cegueira ser adquirida ou congênita, Kurze (1996) explica que, utilizando principalmente de recursos acústicos e táteis, as pessoas cegas também constroem sua percepção do ambiente em que estão e as utilizam para as tarefas do seu cotidiano e, que, se comparado às imagens mentais de pessoas videntes, constituem no mesmo propósito funcional. Além disso, como a forma de percepção do cego é redirecionado para outro centro além do visual, seu córtex visual pode ser realocado para o processamento de sons e do tato (SACKS, 2010). Em outras palavras: “isolado do exterior, o córtex visual torna-se hipersensível a todo tipo de estímulo interno: sua própria atividade autônoma, sinais vindos de outras áreas cerebrais - áreas auditivas, táteis e verbais -, e pensamentos, memórias e emoções” (SACKS, 2010, p.192-193).

Esta mesma ideia é defendida por Amiralian (1997, p.21), quando discorre sobre a especificidade da cegueira em relação à percepção do mundo externo, onde “pessoas cegas precisam utilizar-se de meios não usuais para estabelecerem relações com o mundo dos objetos, pessoas e coisas que as cercam”. Ou seja, impossibilitados de utilizar o visual, os cegos se voltam ao tato e à audição para perceber informações visuais, com ou sem a utilização de tecnologias assistivas.

Quanto a Tecnologia Assistiva (TA), ela é definida em Brasil (2009) como:

Tecnologia Assistiva é uma área do conhecimento, de característica interdisciplinar, que engloba produtos, recursos, metodologias, estratégias, práticas e serviços que objetivam promover a funcionalidade, relacionada à atividade e participação, de pessoas com deficiência, incapacidades ou mobilidade reduzida, visando sua autonomia, independência, qualidade de vida e inclusão social (BRASIL, 2009, p. 30).

Sendo assim, por visar a autonomia, independência, inclusão social, qualidade de vida, a Tecnologia Assistiva contribui significativamente com a percepção imagética de pessoas cegas; hardwares, *softwares*, periféricos, programas especiais, ou qualquer produto que tenha como objetivo a diminuição de problemas e a ampliação da autonomia de pessoas com deficiências pode ser considerado uma TA (MACEDO, 2010, p. 129; NUNES; MACHADO; VANZIN, 2011, p.194-196; ADAM, 2015, p. 20).

Além disso, a TA “abrange todas as ordens do desempenho humano, desde as tarefas básicas de autocuidado até o desempenho de atividades profissionais” (BRASIL, 2009, p. 11). Nas interações relacionadas aos conteúdos visuais, as tecnologias e recursos assistivos utilizados por cegos podem ser, mas não limitados a: Braille, impressoras e display Braille, audiodescrição, leitores de tela, tecnologia háptica, imagens táteis (MACEDO, 2010, p. 129; QUEVEDO; ULBRICHT, 2011, p. 176-178; ADAM, 2015, p. 20).

A seguir, são apresentados alguns exemplos de Tecnologia Assistiva para as pessoas cegas.

Braille: sistema de escrita e leitura tátil utilizada por cegos, foi criado por Louis Braille, apresentado pela primeira vez em 1825 e teve versão definitiva em 1837. No Brasil, foi introduzido por José Álvares de Azevedo e por intermédio deste, a primeira escola para cegos foi inaugurada - o Imperial Instituto dos Meninos Cegos - hoje denominado Instituto Benjamin Constant (IBC) (OLIVEIRA, 2009). De acordo com o IBC (2005) e Oliveira (2009), o Braille é uma representação do alfabeto, números e outros caracteres através da combinação de pontos em relevo, com um total de 63 símbolos resultantes de uma combinação de 6 pontos.

A leitura do Braille é feita de maneira tátil, por uma leitura contínua e sequencial dos símbolos através das pontas dos dedos (QUEVEDO; ULBRICHT, 2011; MELO, 2014), sendo a leitura de forma semelhante a de videntes ocidentais: da esquerda para a direita, de cima para baixo.

Impressoras e display Braille: caracterizam-se como dispositivos eletrônicos para a leitura do sistema Braille. As impressoras fazem a impressão do relevo em papel (geralmente de gramatura elevada), a partir da prensa de matrizes - feitas de plástico ou alumínio, ao passo que o display reproduz o texto em uma régua com pequenas agulhas que representam os pontos do Braille (IBC, 2005; QUEVEDO; ULBRICHT, 2011).

Audiodescrição: serviço de tradução em palavras de tudo o que é visual, mantendo-se a objetividade e relevância da descrição (NUNES; MACHADO; VANZIN, 2011). É uma narração que se integra ao som original da obra gravada, e descreve características relevantes para a compreensão do contexto e do conteúdo; está presente para permitir desde o acesso cultural até o educacional de pessoas cegas (NUNES et al., 2011).

Leitores de tela: *softwares* com voz sintetizada que reproduzem em áudio tudo o que pode ser lido na tela de uma interface (QUEVEDO; ULBRICHT, 2011). Estes *softwares* são integrados com o sistema operacional do computador, smartphone ou tablet, onde reconhece e retorna ao usuário todo o tipo de texto em forma falada, através de um sintetizador de voz (SONZA, 2013). A navegação é feita através do teclado e/ou *touchscreen*. O usuário pode escolher que o leitor reproduza letras, palavras, linhas, parágrafos ou o texto todo (SONZA, 2013). Alguns exemplos de leitores de tela: Dosvox, Jaws, Virtual Vision, Orca e VoiceOver.

Tecnologia háptica: interação através das sensações obtidas pelo tato, como vibrações, texturas ou pressão (ADAM, 2015). Apesar do háptico também ser chamado de tato, a tecnologia háptica é a utilizada para obter sensações físicas de um objeto virtual por intermédio de hardware. Como explica Adam (2015, p. 70) “a interface háptica é apoiada por uma visualização de um ambiente virtual onde os usuários podem explorar os objetos virtuais (imagens, gráficos, mapas,) através de um dispositivo (mouse, caneta, luva, etc.)”.

Imagens táteis: adaptação tátil de uma informação visual, como imagens ilustrativas, pedagógicas ou artísticas; podem ser realizadas com formas simples ou complexas (ADAM, 2015; VALENTE, 2009). Algumas aplicações das imagens táteis podem ser: ilustração de livros, para a alfabetização de crianças cegas, tradução de obras de arte, contextos educacionais de disciplinas como Geografia, História, Biologia, localização espacial, entre outros (LOCH, 2008; VALENTE, 2009). Podem ser manufaturadas por impressora em relevo, termoformagem (ADAM, 2015), artesanalmente (VALENTE, 2008), impressão 3D (GRUENWALD, 2014), etc.

2.3. INCLUSÃO EDUCACIONAL DE CEGOS

De acordo com Sasaki (2010), a história da Educação para pessoas com deficiência segue 4 fases: exclusão, segregação institucional, integração e inclusão. A exclusão é a primeira fase, quando pessoas com deficiência não recebiam nenhum tipo de atenção para o ensino. Na segunda fase, segregação institucional, o ensino recebido provinha de instituições separadas da Educação Regular. A terceira fase, integração, surge com classes especiais dentro do ensino regular e, na quarta fase - inclusão, surge como meta de incluir o estudante com deficiência nas classes regulares desde o início, com o objetivo de constituir um sistema educacional que leve em consideração todas as necessidades dos estudantes, professores e outros profissionais envolvidos (SASSAKI, 2010).

Na execução, Mantoan (2013, p.105) afirma que algumas práticas não devem fazer parte do ensino inclusivo, tais como: “restringir objetivos educacionais; adaptar currículos e - como comumente tem acontecido -; facilitar as práticas pedagógicas para alguns estudantes, para evitar a exclusão nos ambientes escolares comuns”. Para a autora, as escolas inclusivas devem ministrar o mesmo ensino para todos os estudantes.

Porém, o mesmo ensino não implica que o conteúdo não deva ser pensado para cada estudante, considerando suas habilidades, habilidades e deficiências. A inclusão escolar deve oferecer “alternativas que contemplem a diversidade, além de recursos de ensino e equipamentos especializados que atendam a todas as necessidades educacionais dos educandos, com ou sem deficiências, mas sem discriminações” (MANTOAN, 2003, p.25).

As barreiras que geram obstáculos para uma escola inclusiva, de acordo com Nogueira (2016), são classificadas entre:

- Arquitetônicas - barreiras físicas do ambiente;
- Comunicacionais e informacionais - dificuldades de comunicação que envolvem as trocas sociais e materiais didáticos, por exemplo;
- Metodológicas e pedagógicas - barreiras no espaço pedagógico, que envolvem as formas de ensino e avaliação; e
- Instrumentais - instrumentos e artefatos culturais supõe um usuário abstrato, sem nenhum tipo de deficiência. As barreiras instrumentais são superadas através da adoção de TAs e do design universal.

A escola inclusiva e o design universal seguem a mesma visão e se complementam. O design universal voltado especificamente para a aprendizagem segue 3 princípios, que são, de acordo com Macedo (2010) e Council for Exceptional Children (2005):

- Múltiplos formatos e meios de representação da informação para permitir o acesso de todos;
- Múltiplos meios promovidos para que o estudante possa demonstrar seu conhecimento através de ações e expressões; e
- Múltiplos meios para engajar e motivar os interesses dos estudantes, oferecendo desafios apropriados.

Para o Council for Exceptional Children (2005, p.4, tradução nossa), os princípios do design universal para a aprendizagem promovem “flexibilidade, métodos de instrução variados, e avaliações apropriadas que consideram as necessidades diversas dos aprendizes [...]”. Ainda assim, quando necessário, design universal e TAs devem ser complementares para acomodar estudantes com deficiências (COUNCIL FOR EXCEPTIONAL CHILDREN, 2005).

Para Garcia e Souza (2016), o maior obstáculo para a adequação das pessoas cegas no ensino é o da aprendizagem, superando a orientação e mobilidade. Ainda de acordo com as autoras, algumas das adaptações para a inclusão seriam a transcrição de material para o Braille, adaptação para o relevo e aumento do número de materiais impressos.

2.4. OBJETOS DE APRENDIZAGEM

Neste trabalho foram consideradas as definições de Macedo (2010) sobre objetos de aprendizagem. Segundo a autora, a definição mais utilizada por autores da área é a do *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), que é “qualquer entidade digital, ou não digital, que pode ser

usada, reutilizada ou referenciada durante o aprendizado suportado pela tecnologia” (IEEE LTSC, 2010 apud MACEDO, 2010, p.81). Esses objetos surgiram do avanço tecnológico e da necessidade de organizar, estruturar e disseminar conteúdos educacionais flexíveis e adaptativos (TAROUCO et al., 2006; MACEDO, 2010)

Segundo Macedo (2010), só é considerado objeto de aprendizagem quando há um objetivo de aprendizagem incluso, que pode e deve ser reutilizável em outros contextos instrucionais, que pode ser utilizado sozinho ou em conjunto com outros objetos de aprendizagem, que são recursos instrucionais para facilitar a apresentação de conteúdos e a aprendizagem. “Um objeto de aprendizagem é uma coleção de materiais digitais, combinados com um objetivo de aprendizagem, claro e mensurável ou projetados para dar suporte ao processo de aprendizagem” (JOHNSON, 2003, p.4 apud MACEDO, 2010, p.82-83). Para Macedo (2010), este objetivo definido de aprendizagem é o que o difere de objetos de informação ou conteúdo.

Nestas definições, os objetos de aprendizagem não são atrelados a nenhum tipo específico de mídia podendo, inclusive, assumir um ou mais tipos de mídia ao mesmo tempo (LOPES, 2012). Macedo (2010), considera objetos de aprendizagem: imagens estáticas, vídeos, animações, textos eletrônicos, testes, tutoriais, questões, glossários, cursos completos, conjuntos de várias mídias, entre outros, desde que possuam o objetivo claro de promover o aprendizado.

Os objetos podem ser encontrados em repositórios digitais especializados em objetos de aprendizagem. No Brasil, há alguns exemplos de portais, repositórios e iniciativas de universidades e do Ministério da Educação (MEC), dentre os principais podemos citar:

- Banco Internacional de Objetos Educacionais (BIOE): repositório que classifica os objetos entre animação/simulação, áudio, experimento prático, hipertexto, imagem, mapa, *software* educacional e vídeo, além de os dividir entre níveis de escolaridade.
- Laboratório Didático Virtual (LabVirt): iniciativa da Universidade de São Paulo (USP), apresenta simulações para as disciplinas de física e química.
- Portal eduCAPES: repositório que inclui textos, livros didáticos, teses, dissertações, artigos, videoaulas, imagens, áudios.
- Portal do Professor: repositório mantido pelo MEC, classifica os objetos da mesma forma que o BIOE.
- Repositório do Núcleo de Apoio Pedagógico à Educação a Distância (NAPEAD): mantido pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), classifica os objetos de aprendizagem pela área de conhecimento e os separa entre animação, hipertexto, jogo, produção gráfica, vídeo e eBook.
- Escola Interativa: mantido pela Secretaria de Estado da Educação do Paraná (SEED), é

um repositório de recursos digitais que os separa tanto por área de atuação/disciplina, etapa de formação (ensino infantil, fundamental e médio), e por tipo de mídia.

- Portal Dia a Dia Educação: também mantido pelo SEED, possui uma área dedicada aos educadores com páginas para disciplinas específicas, como: Arte, Educação Física, Química, Física, Biologia, Geografia e História. Na página de Geografia, por exemplo, há recursos didáticos separados por itens como imagens, livros didáticos, artigos e áudios, além de uma aba dedicada apenas para mapas interativos.
- Projeto Folhas: outra iniciativa da SEED, mantém materiais criados por professores abrangendo o ensino fundamental, médio e profissionalizante, sendo a classificação dada por disciplinas e conteúdo estruturante do material.

Internacionalmente, é possível indicar alguns repositórios de destaque, tais quais:

- *Global Learning Objects Brokering Exchange* (GLOBE): atua como um repositório global, abarcando outras organizações e repositórios de todos os continentes em um mesmo local.
- *Multimedia Educational Resource for Learning and Online Teaching* (MERLOT): projeto americano que classifica os objetos em animação, ferramenta de avaliação, tarefa, estudo de caso, coleção, ferramenta de desenvolvimento, práticas, portfólios, curso online, artigo, texto, apresentação, material de referência, simulação, ferramenta de mídia social, tutorial, teste, workshops.
- *MIT Open Courseware*: repositório do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), que classifica os objetos por ementa, calendário, leituras, notas de aula, aulas de vídeo, vídeos, recitações, laboratório, tarefas, atividades em classe, provas, projetos, materiais de estudo, galeria de imagens, ferramentas, animações, simulações.

Audino e Nascimento (2010) apontam para outros termos que também são utilizados para denominar os objetos de aprendizagem, como objetos de conhecimento, componentes instrucionais, documentos pedagógicos, componentes de *software* educacional, materiais de aprendizado online, ou mesmo recursos. Santos (2013) menciona um termo cunhado mais recentemente, os Recursos Educacionais Abertos (REA), sendo o termo atrelado ao movimento de direitos autorais livres (*Creative Commons*) e ao Consórcio OpenCourseWare.

Santos (2014) explica que a diferença de um REA para outros materiais educacionais disponíveis na internet é a abertura e a licença livre de uso, que segue 4 práticas conhecidas como os 4Rs: Reusar, Revisar, Remixar e Redistribuir. Reusar significa poder utilizar o material sem restrições, desde que o autor original seja mencionado; Revisar é a permissão de modificar ou atualizar o recurso para torná-lo útil ao contexto a ser utilizado; Remixar também é modificar, porém o resultado é transformado em uma

obra derivada da original; Por fim, Redistribuir é o compartilhamento de recursos originais, revisados ou remixados para a disseminação do conteúdo.

Quanto ao propósito dos objetos, Macedo (2010, p.84) descreve que “os objetivos principais dos objetos de aprendizagem são a recuperação, reutilização e intercambialidade dos componentes instrucionais”.

As características dos objetos não são definidas rigorosamente, mas em geral, apresentam: “flexibilidade, customização, interoperabilidade, facilidades de busca, atualização e gerenciamento” (MACEDO, 2010, p.87). Também podem ser definidos por metadados e seu próprio conteúdo.

Metadados são dados que descrevem a natureza do objeto de aprendizagem e podem conter informações como: autor, data, idioma, tamanho, objetivo, palavras chave, ou qualquer outra informação que auxilie na caracterização do objeto e seu contexto, ou na busca em repositórios (MACEDO, 2010).

Quanto ao tamanho, também chamado de granularidade do objeto, pode variar desde uma imagem até um curso completo, pode ser um objeto individual ou um conjunto de objetos de aprendizagem (MACEDO, 2010). A autora segue a indicação de Wiley (2000), que propõe 5 classificações para os objetos, sendo eles:

- Fundamental: um objeto primário individual não combinado com nenhum outro, como por exemplo, uma imagem estática.
- Combinado-fechado: pequeno número de recursos combinados para criar o objeto, sendo que cada elemento não pode ser reutilizado fora do objeto completo. Um exemplo é o vídeo, que combina áudio e imagens em movimento em um objeto só.
- Combinado-aberto: de tamanho maior que o combinado-fechado, que combina objetos de aprendizagem que podem ser desassociados e reutilizados em outras situações, como por exemplo, uma página web que combina vídeo, imagem, texto e outras mídias.
- Gerador-apresentação: combina objetos de aprendizagem menores (fundamentais e combinado-fechado) para criar apresentações necessárias para testes, tutoriais, instruções...São úteis para reutilização em contextos similares, mas pouco usuais para fora do seu domínio.
- Gerador-instrucional: combinação de outros objetos de aprendizagem (fundamental, combinado-fechado e gerador-apresentação) que permite interações com os usuários. Úteis tanto para reutilização em contextos similares quanto em outras situações educacionais.

Por ser amplo tanto em conceito quanto em tamanho e características, além de ofertar oportunidades de reutilização do mesmo conteúdo em situações diferentes, são utilizados na Educação presencial, semipresencial e também na Educação a distância.

Macedo (2010) revalida os apontamentos de Longmire (2000) quanto ao o que um objeto de aprendizagem deve ter:

- “Uso consistente da linguagem e terminologia de acordo com o conteúdo;
- Apresentação da informação em formatos compreensíveis e acessíveis;
- Apresentação da informação adequada para visualização na tela;
- Não linearidade entre os objetos, facilmente adaptável em múltiplos contextos;
- Uniformidade de edição; uso de palavras-chave em elementos de busca e;
- Linguagem e conteúdo apropriado a públicos de culturas diversas (LONGMIRE, 2000 apud MACEDO, 2010, p. 99).

Como afirmado por Macedo (2010), objetos de aprendizagem precisam ser compreensíveis e acessíveis ao maior número de pessoas possíveis. Por isso, é necessário considerar qualquer usuário como usuário em potencial, independente de limitações, dificuldades ou deficiências.


Em sua tese de doutorado, Macedo (2010) propõe diretrizes para a criação de objetos de aprendizagem acessíveis, considerando as mídias de áudio, imagens em movimento, tabelas, textos, imagens estáticas e gráficos.

Como proposta, utiliza, compila e equipara os princípios do design universal, as recomendações de acessibilidade da IMS-GLC e W3C-WCAG 1.0 e 2.0 para a criação das diretrizes. Como consequência, extrai diretrizes que podem ser utilizadas por professores, conteudistas, projetistas de objetos de aprendizagem, entre outros profissionais.

As diretrizes para conteúdo imagético estático definidos por Macedo (2010) estão descritos no quadro 1.

QUADRO 1 - Diretrizes para imagens estáticas.

Tipos:	Fotos, diagramas, gráficos, tabelas, desenhos, arte ANSI, logos, charts, botões, imagens link.
Diretrizes: (o que toda imagem estática, ou seja, sem movimento, deve apresentar)	Mídias alternativas para toda imagem.
	Alto contraste.
	Serem escalonáveis.
Mídias alternativas para imagens estáticas:	Texto alternativo ou equivalente.
	Descrição completa equivalente.

	Opção de imagem em preto e branco.
	Imagem simplificada para impressão tátil .

FONTE: Macedo (2010, p.185).

É importante destacar a diferença de uma mídia equivalente e uma alternativa. De acordo com Macedo (2010, p. 169), “um conteúdo é definido como equivalente quando ele é idêntico a outro, porém fornecido em uma modalidade diferente [...]”. Enquanto que um conteúdo alternativo é “uma ampliação do conteúdo equivalente e é fornecido de forma diferente, porém com o mesmo objetivo final de aprendizagem” (MACEDO, 2010, p.169). Desta forma, as imagens táteis são consideradas como mídia alternativa, pois se diferem na forma de apresentação e são simplificadas para a compreensão tátil.

O ponto abordado nesta pesquisa recai sobre as imagens estáticas em objetos de aprendizagem, e como apresentado por Macedo (2010), essas imagens devem sempre apresentar mídia alternativa, onde as imagens táteis se encaixam.

A escolha da natureza da mídia alternativa, seja em áudio, texto, imagem em preto e branco ou impressão tátil, depende da complexidade da imagem e da deficiência do usuário. Como aborda Macedo (2010), conteúdos alternativos só devem ser criados quando o equivalente não for suficiente para o entendimento completo e acabem por não atingir o objetivo de aprendizagem.

2.5. SÍNTESE DO CAPÍTULO

Dividido em 3 áreas, acessibilidade, cegueira e objetos de aprendizagem, este capítulo fez o panorama inicial da pesquisa, expondo conceitos gerais da acessibilidade informacional e design universal, em especial na Educação, contextualizando a cegueira, a Tecnologia Assistiva presente para o auxílio na percepção de informação, além de caracterizar os objetos de aprendizagem, situando a necessidade de acessibilidade de pessoas cegas, em especial para imagens estáticas.

Foi de suma relevância ter caminhado por esses tópicos, do geral ao específico, para contextualizar onde esta pesquisa se encaixa, e identificar a lacuna informacional para pessoas cegas na Educação. Assim, a pesquisa se contextualiza dentro do campo da acessibilidade informacional, com foco na acessibilidade de imagens estáticas presentes em objetos de aprendizagem. Estas imagens, como visto, precisam ser adaptadas para o público cego, sendo que, uma das formas de adaptação é através da imagem tátil.

Por fim, apontando a importância e necessidade de tradução destas imagens estáticas, o

capítulo se encerra para que o próximo discuta com profundidade as imagens táteis, e a impressão 3D como proposta de recurso acessível.

3. ACESSIBILIDADE DE IMAGENS TÁTEIS

Este capítulo apresenta um recorte da acessibilidade informacional, focando na acessibilidade de imagens táteis, apresentado anteriormente como uma alternativa para as imagens estáticas presentes em objetos de aprendizagem.

Para tanto, aborda primeiramente a percepção tátil de pessoas cegas, conceitua as imagens táteis, as variáveis táteis e os processos de produção destas imagens. Apresenta a impressão 3D de filamento plástico como alternativa de criação de imagens táteis tridimensionais, abordando o funcionamento da máquina, suas vantagens e limitações, e os materiais mais comumente utilizados.

A partir disso, o capítulo discorre sobre a tradução de imagens estáticas em imagens táteis, apresentando recomendações encontradas na literatura sobre esta tradução. Por fim, finaliza com a compilação de todas as recomendações em um quadro para melhor visualização.

3.1. PERCEPÇÃO ATRAVÉS DO TATO

Duarte (2011, p.78) afirma que, “aquele que não vê precisa usar muito frequentemente a modalidade tátil para reconhecer os objetos”, ou seja, é a percepção tátil que permite às pessoas cegas criar suas imagens mentais. Isso resulta diretamente na independência e interpretação de mundo por este público, que utilizam o tato desde a identificação de objetos do cotidiano, até a identificação de imagens táteis em contextos educacionais.

Kastrup (2007) afirma que o tato é uma percepção proximal, diferentemente da percepção visual e auditiva, as quais permitem reconhecimentos à distância. A percepção tátil é, portanto, realizada por partes, de modo sequencial-temporal e não visual-espacial, como para pessoas videntes (KASTRUP, 2007; DUARTE, 2011). Isso implica em um reconhecimento tátil da textura, temperatura e densidade do objeto, onde a dimensão do objeto é limitada ao “tempo que as mãos gastam para percorrer a sua forma” (DUARTE, 2011, p.76). Logo, a percepção da dimensão é fragmentada quando ultrapassa o tamanho dos dedos, mãos e braços.

Pela necessidade de fragmentação da percepção, o tato pode sobrecarregar a atenção e memória do cego, através de atividades cognitivas de síntese e integração (KASTRUP, 2007). Porém, “após um processo de aprendizagem, o reconhecimento tátil pode se tornar rápido e automático nos cegos, dispensando a atenção” (KASTRUP, 2007, p. 75). É importante que o exercício de percepção tátil, desde objetos do cotidiano até imagens táteis para a Educação ou localização espacial, seja estimulado desde criança (DUARTE, 2011), ou quão próximo da aquisição da cegueira, para que não haja sobrecarga cognitiva. Ou como, ainda, Nogueira (2007) descreve: “[...] a identificação de objetos por

meio do tato não se realiza simplesmente pelo toque e pela exploração, é preciso desenvolver uma sensibilidade tátil para percebê-los e conhecê-los”.

Como Liberto, Ribeiro e Simões (2017) abordam, o desenvolvimento da percepção constitui a inteligência tátil, sendo esta essencial para a capacidade de organizar, abstrair e compreender conceitos.

3.2. IMAGENS TÁTEIS

Como visto, a percepção tátil é indispensável na identificação e interpretação de imagens táteis, que se diferem por serem bidimensionais ou tridimensionais e, de acordo com Valente (2009), tem por objetivo possibilitar o acesso de pessoas cegas a imagens ilustrativas, artísticas e/ou pedagógicas. Essa percepção pictórica através do tato está mais frequentemente difundida nas aplicações de ilustrações de histórias infanto-juvenis, imagens em livros pedagógicos para a alfabetização de crianças cegas, tradução tátil-visual de obras de arte pictóricas em museus ou livros, ou em imagens de disciplinas como geografia, biologia e história (LOCH, 2008; VALENTE, 2009).

As imagens táteis devem ser incluídas nos currículos escolares e acadêmicos inclusivos, e estimuladas desde cedo nas crianças cegas, para que obtenham a inteligência tátil para compreendê-las (LIBERTO; RIBEIRO; SIMÕES, 2017). De acordo com as autoras, os recursos didáticos táteis devem ser predominantemente geométricos, simples e esquemáticos para facilitar a leitura tátil. A complexidade de uma imagem tátil deve ser ajustada de acordo com o nível de desenvolvimento da pessoa cega.

As variáveis táteis presentes na imagem são baseadas nas variáveis gráficas de Bertin, e se combinam com os elementos gráficos básicos: ponto, linha e área (LOCH, 2008; GUAL; PUYUELO; LLOVERAS, 2014). Gual, Puyuelo e Lloveras (2014) mencionam também o volume como um elemento gráfico tátil, principal elemento que difere o bidimensional do tridimensional. Ao passo que Loch (2008) considera o volume como uma variável - e não elemento - exclusivamente tátil.

De acordo com Bertin (1967, 1983 *apud* Engelhardt, 2002) as variáveis gráficas visuais são compostas por tamanho, forma, orientação, cor, textura e valor e compõe o plano bidimensional. Loch (2008), baseando-se em Bertin, considera que ponto, linha e área sofrem variações táteis quanto ao tamanho, forma e orientação, ou seja, 3 das 6 variáveis gráficas também valem para o tátil. As variáveis táteis, de acordo com Loch (2008), seriam:

- Tamanho: pontos e linhas devem ter tamanho mínimo e máximo para compreensão tátil;
- Forma: além do tamanho, pontos devem ser concebidos por formas diferentes, utilizando símbolos, formas geométricas, etc., enquanto linhas se diferem quanto aos traços, pontilhados, retas, curvas, etc.
- Padrão: utilizada para representação de áreas, com uma mistura das variáveis visuais

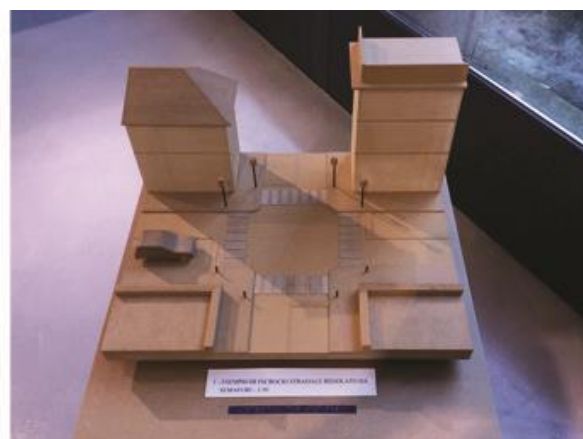
tamanho, forma e orientação. Através dessas variáveis, pontos e linhas formam padrões variados para o reconhecimento tátil (texturas) e são aplicados em áreas das imagens táteis.

- Volume: variável (ou elemento gráfico, de acordo com Gual, Puyuelo e Lloveras [2014]) que permite reconhecimento tátil pela elevação de pontos, linhas e gráficos. A elevação pode ser constante (por exemplo, todos os elementos da imagem se elevam 5mm - imagem tátil bidimensional) ou variam de tamanho (imagem tátil tridimensional) (GUAL, PUYUELO, LLOVERAS, 2014).

As técnicas de criação, materiais e propósitos dessas imagens táteis diferem. Os processos mais comuns são os artesanais, a termoformagem e a impressão em relevo. Outro processo em fase de expansão é o da impressão 3D.

Processo artesanal: é o recurso que mais permite o uso de diferentes materiais, tais como espuma vinílica acetinada (EVA), madeira, argila, ferro, resina, gesso (ROMANI; HENNO; MAZZILLI, 2015), cortiça, barbante (LOCH, 2008), entre outros. Não possui uma técnica específica, podendo utilizar mão-de-obra especializada ou não. O custo varia de acordo com as técnicas escolhidas e os materiais utilizados. A figura 1 exemplifica imagens táteis feitas em madeira, enquanto a figura 2 demonstra exemplos de imagens táteis em EVA, para utilização em museus.

FIGURA 1 - Exemplos de imagens táteis feitas em madeira.



FONTE: Romani; Henno; Mazzilli (2015).

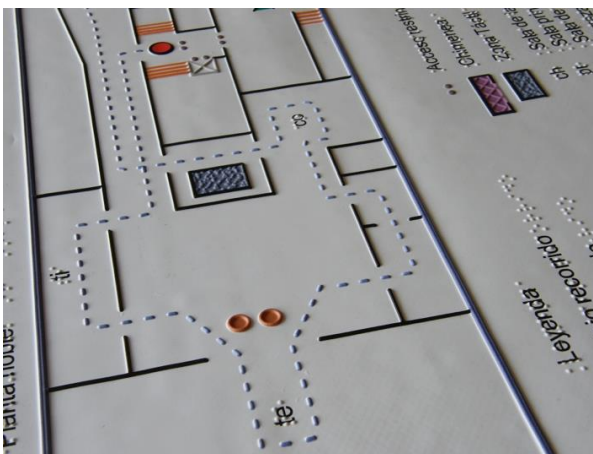
FIGURA 2 - Exemplos de imagens táteis feitas em EVA.



FONTE: Romani; Henno; Mazzilli (2015).

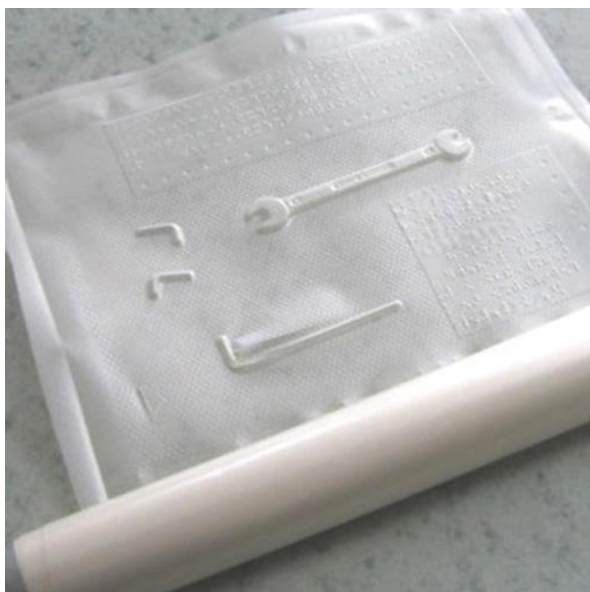
Termoformagem: utiliza material termoplástico (policloreto de polivinila - PVC, polietileno - PE, polietileno tereftalato - PET, etc) para a formação de imagens táteis bidimensionais (ORTÍ et al., 2014). O processo de produção consiste na pressão, geralmente, por vácuo ou calor, de uma camada fina de termoplástico sobre um molde, para a reprodução final dos relevos da imagem (GUAL; PUYUELO; LLOVERAS, 2014, ORTÍ et al, 2014). A altura do relevo é comumente 1mm (GUAL; PUYUELO; LLOVERAS, 2014). Além disso, o material plástico permite a impressão prévia colorida, tornando a imagem tátil útil tanto para pessoas com deficiência visual quanto videntes (ORTÍ et al., 2014). A figura 3 exemplifica a termoformagem colorida para aplicação em do mapa do museu Casa Batlló. Já a figura 4 apresenta a termoformagem sem impressão colorida, para apresentação de ferramentas.

FIGURA 3 - Termoformagem colorida.



FONTE: Ortí et al. (2014).

FIGURA 4 - Termoformagem branca.



FONTE: Bengala Branca (2017).

Impressão em relevo: refere-se ao o processo de impressão do papel microencapsulado (papel com microcápsulas de álcool na superfície), em duas etapas (LOCH, 2008). A primeira é a impressão de tinta preta sobre o papel especial, já a segunda é submissão do impresso à uma máquina aquecedora - o calor reage com e álcool e a tinta, resultando na elevação (geralmente de 0.5mm) das partes impressas em preto. (GUAL; PUYUELO; LLOVERAS, 2014; ADAM, 2015). O relevo formado também é bidimensional, e a cor é limitada apenas para a tinta preta, como exemplificado pela figura 5, que apresenta mapa de uma zona urbana.

FIGURA 5 - Impressão em papel microencapsulado.



FONTE: Gual; Puyuelo; Lloveras (2014).

Impressão 3D: a impressão 3D é uma tecnologia de prototipagem rápida que está abrindo oportunidades para a impressão de imagens táteis e aumentando a gama de possibilidades para a produção deste tipo de material, pois permite impressões tanto bidimensionais quanto tridimensionais, característica que difere dos processos de termoformagem e impressão em relevo, onde só é possível a impressão bidimensional.

Existem diversos processos denominados como impressão 3D, os quais podem trabalhar com deposição de material (ORTÍ; MIRA; PITARCH, 2015). Os processos e as características da impressão 3D, assim como a utilização desta para a impressão de imagens táteis serão explorados adiante.

A figura 6 apresenta um mapa tátil impresso em 3D de uma zona urbana de Barcelona.

FIGURA 6 - Exemplo de mapa tátil impresso em 3D.



FONTE: Ortí; Mira; Pitarch (2015).

Entender o processo de compreensão tátil dos cegos, e observar o potencial das imagens táteis na aplicação pedagógica abre questionamentos sobre quando utilizar este recurso, ou mesmo sobre o processo de tradução de uma imagem estática bidimensional em uma imagem tátil.

Na Educação, imagens estáticas estarão presentes e constituirão imagens simples ou complexas. Para Gruenwald (2014), imagens com conceitos complexos demandam o tátil, pois captar a essência destas imagens através do áudio requer um conhecimento profundo sobre o assunto a ser abordado e correm o risco da audiodescrição ser insuficiente ou ineficaz.

Assim, conceitos que envolvem localização espacial, mapas, gráficos, geometria, formas abstratas, corpo humano e sua composição, obras de arte, ou qualquer tipo de composição gráfica que carece de uma visualização com mais completude do que uma descrição verbal ou por Braille, as imagens táteis são essenciais. Elas podem, inclusive, serem utilizadas como complemento a uma

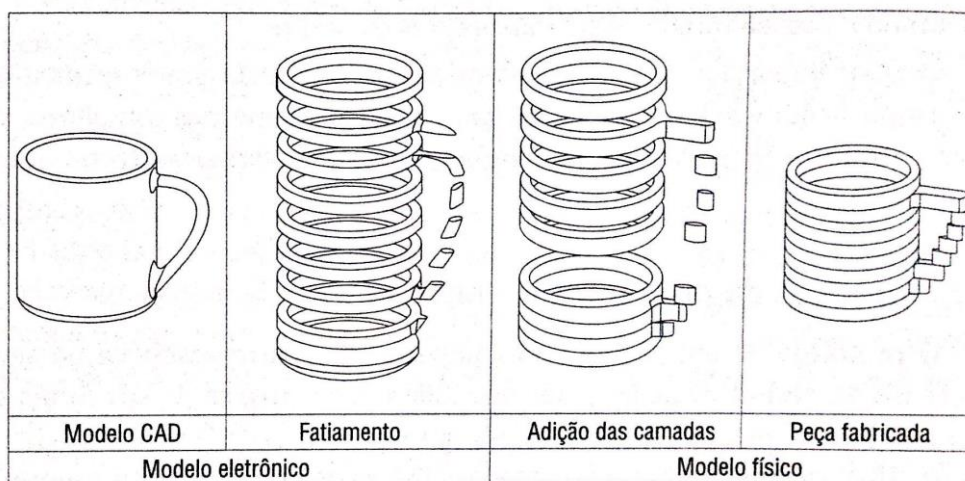
descrição verbal ou por Braille.

3.3. IMPRESSORAS 3D

A impressão 3D é uma tecnologia para geração de objetos tridimensionais (3D) a partir da adição de material camada por camada. Outros nomes também são difundidos para definir o mesmo conceito, tais como prototipagem rápida ou manufatura aditiva (CUNICO, 2015), mas o termo impressão 3D tem sido o mais utilizado (ABREU, 2015).

Carvalho e Volpato (2013, p.3) definem a impressão 3D como “[...] um processo de fabricação através da adição de material em forma de camadas planas sucessivas, isto é, baseado no princípio da manufatura por camada [...]”. Os autores explicam que, inicialmente, esse processo foi cunhado para ser utilizado na produção rápida de protótipos, mas hoje o potencial é explorado desde a concepção da ideia até o produto final. A figura 7 traz uma simulação do princípio da fabricação por camadas, em 4 partes - modelagem 3D e fatiamento, que são processos digitais, e impressão por adição de camadas resultando na peça fabricada.

FIGURA 7 - Princípio da manufatura por camadas.



FONTE: Carvalho; Volpato (2013).

De modo mais detalhado, as principais etapas do processo de fabricação de objetos 3D nas impressoras são: 1. Modelagem computacional; 2. Geração do modelo digital de malha STL (*STereoLithography*, que transforma o modelo em uma malha de triângulos); 3. Planejamento de processo e geração de camadas; 4. Construção do objeto camada por camada e; 5. Pós processamento e acabamento (CARVALHO; VOLPATO, 2013; CUNICO, 2015). As etapas 1 e 2 são representadas na

figura anterior pelo Modelo CAD (desenho assistido por computador, do inglês *Computer Aided Design*); a etapa 3 se refere ao Fatiamento da figura anterior, enquanto a etapa 4 é referente ao processo de Adição de camadas da figura; por fim, a etapa 5 faz relação com a Peça fabricada ilustrada na figura.

Volpato (2013) divide a prototipagem rápida em 3 categorias, de acordo com o estado inicial da matéria-prima utilizada (líquido, sólido ou pó) e apresenta os processos de impressão de cada categoria (QUADRO 2).

QUADRO 2 - Processos de prototipagem rápida.

Baseado em líquido	Baseado em sólido	Baseado em pó
Estereolitografia - SL (<i>StereoLithography</i>)	Modelagem por Fusão e Deposição - FDM (<i>Fused Deposition Modelling</i>)	Sinterização Seletiva a Laser - SLS (<i>Selective Laser Sintering</i>)
Impressão a Jato de Tinta - IJP (<i>Ink Jet Printing</i>) - Polyjet	Manufatura Laminar de Objetos - LOM (<i>Laminated Object Manufacturing</i>)	Sinterização a Laser (<i>Laser Sintering</i>) - EOSINT
IJP - InVision	Tecnologia com Lâminas de Papel - PLT (<i>Paper Lamination Technology</i>)	Impressão Tridimensional - 3DP (<i>3 Dimensional Printing</i>)
	IJP - ThermoJet	Fabricação da Forma Final a Laser - LENS (<i>Laser Engineered Net Shaping</i>)
	IJP - Benchtop	3DP - ProMetal

FONTE: Volpato (2013, p. 56).

Alguns tipos de tecnologia possuem princípios diferentes, mesmo levando o mesmo nome, o que leva a serem considerados como tecnologias diferentes de acordo com a empresa fabricante, como é o caso da impressora IJP.

Já Cunico (2015) classifica a impressão 3D em 4 categorias. Também classifica de acordo com o material utilizado, mas acrescenta a forma de processamento utilizada na construção tridimensional dos objetos, sendo então: tecnologias a base de polímeros líquidos, tecnologias a base de sólidos laminados, tecnologias a base de partículas discretas e tecnologia a base de fusão e deposição (extrusão), as quais serão descritas na sequência.

Tecnologias a base de polímeros líquidos: a matéria-prima, antes de ser processada, se

encontra em seu estado líquido (CARVALHO; VOLPATO, 2013) e os fatores comuns destas tecnologias são a utilização de materiais fotopolimerizáveis (como resinas acrílicas e epóxi) e o funcionamento a partir da cura da matéria-prima pela ação de luz ou laser ultravioleta (UV). Dentre as impressoras 3D nessa categoria, estão a estereolitografia (primeiro processo disponível comercialmente), a fotopolimerização por máscara de projeção a impressão jato de tinta (VOLPATO, 2013; CUNICO, 2015).

Tecnologia a base de sólidos laminados: usa materiais como folhas de papel, plástico, cerâmica, tecido ou folhas metálicas e é caracterizado pelo corte e colagem destes materiais, em camadas. O corte é feito através de facas ou laser. As impressoras que utilizam esta tecnologia têm seu processo denominado como LOM (*Laminated Object Modelling*) e PLT (*Paper Lamination Technology*) (VOLPATO, 2013; CUNICO, 2015).

Tecnologias a base de partículas discretas: nesta categoria, a matéria-prima utilizada é o pó, dentre eles cerâmicos, metálicos ou poliméricos (CUNICO, 2015). A gama de materiais é mais ampla que as tecnologias com materiais líquidos ou sólidos, sendo que a diferença entre as impressoras 3D desta categoria é a utilização ou não de laser para processar a matéria-prima (VOLPATO, 2013). Exemplos de impressoras 3D nesta categoria são a SLS (Sinterização Seletiva a Laser) e a Impressão 3D (processo que popularizou o nome - utiliza a sigla 3DP para diferenciar) (VOLPATO, 2015).

Tecnologia a base de fusão e deposição (extrusão): também utilizando matéria-prima sólida, esta categoria usa material fundido na fabricação, ou seja, derretido. Explora materiais termoplásticos em forma de filamento e funciona a partir da liquefação e deposição destes filamentos. A impressora 3D FDM (*Fused Deposition Modelling*) é a que se destaca nesta categoria (CUNICO, 2015).

Com a diversidade de tecnologias e processos, a impressora 3D alcançou espaço em áreas distintas, tendo aplicações possíveis nas áreas do design, gastronomia, engenharias, saúde, arquitetura, setor joalheiro, brinquedos, paleontologia, educação de videntes e pessoas com deficiência visual, entre outros (FERREIRA; SANTOS; SILVA, 2013; CUNICO, 2015; ABREU, 2015; CHICCA JUNIOR; CASTILLO; COUTINHO, 2015).

Abreu (2015) identifica vantagens e desvantagens da impressão 3D na indústria. Vantagens incluem diminuição no tempo de desenvolvimento de produto, diminuição de custos para a indústria, menores erros de produção, aumento na complexidade dos produtos, etc. Ao passo que as desvantagens incluem a limitação de produção para pequena e média dimensão, necessidade de pós-processamento, propriedades mecânicas inferiores e volume de produção entre pequena e média escala.

Vale ressaltar que, a realidade industrial apresenta inúmeras outras formas de produção, muitas vezes mais vantajosas que a impressão 3D, mas que para uso doméstico ou de menor escala, torna-se viável. Barnatt (2013) argumenta como a impressão 3D permite produção customizada e de baixa escala a um preço baixo, sem necessidade de outras ferramentas, moldes, etc., o que se torna vantagem a

quem procura produção rápida e de baixo custo.

Portanto, para a produção de imagens táteis, as desvantagens mencionadas por Abreu (2015) não impactam negativamente, posto que a produção é pequena e local, sendo impressas poucas unidades de imagens, e as propriedades mecânicas são necessárias apenas para a conservação e manuseio da imagem tátil.

Além disso, Barnatt (2013) comenta sobre a vantagem do transporte e armazenamento digital das impressões 3D. Os arquivos podem ser armazenados digitalmente e impressos quando necessários, e podem ser também distribuídos através da internet, permitindo que o mesmo arquivo seja impresso em localidades diferentes e sem custo de transporte.

Como recorte de pesquisa, apenas impressoras 3D com tecnologia FDM serão consideradas, por ser a impressora mais difundida no mercado (CUNICO, 2015) e possuir um movimento de popularização deste tipo de tecnologia para computadores pessoais, com o objetivo de a tornar simples, acessível e barata (ABREU, 2015).

3.3.1. Impressoras 3D FDM

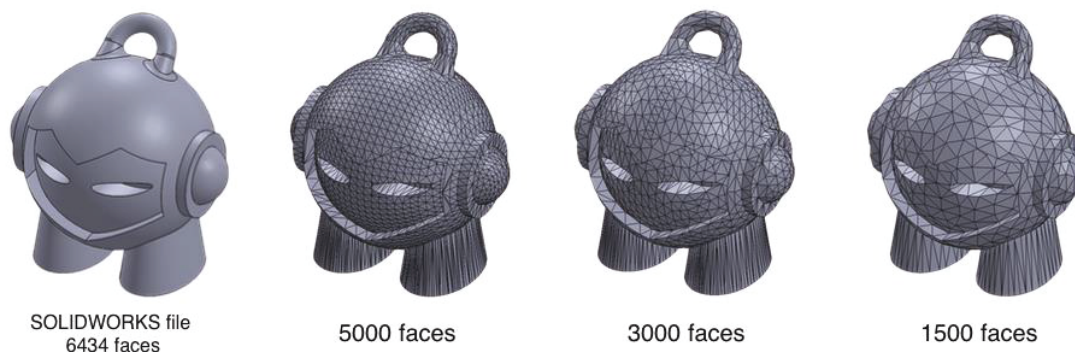
O princípio das impressoras de modelagem por fusão e deposição (FDM) foi desenvolvido pela empresa Stratasys, em 1988, e comercializado em 1992 (VOLPATO, 2013). Hoje, é o tipo de impressora mais difundida no mercado, popularizada pelo fim da patente da Stratasys, sendo também o conceito e tecnologia utilizados nas impressoras 3D de baixo custo (CUNICO, 2015).

As etapas envolvidas para se obter um impresso 3D vão além da utilização da impressora, pois envolvem pré e pós processo. Abreu (2015) indica as seguintes etapas:

Modelagem de arquivo 3D: é necessário obter um arquivo digital 3D em *software* CAD, seja a partir de modelagem, ou através de um arquivo já modelado previamente. Também é possível escanear um objeto físico através de *softwares* ou aplicativos.

Conversão para modelo STL: o modelo tridimensional é convertido para o formato STL, que cria uma malha de triângulos da superfície. Quanto menores os triângulos, maior o tamanho do arquivo final (FIGURA 8).

FIGURA 8 - Arquivos STL com diferentes configurações.



FONTE: 3DHubs (2017).

Transferência para uma impressora 3D e manipulação do arquivo STL: em um computador ligado à impressora 3D e com *software* específico para tal, o arquivo STL permite ser manipulado quanto aos seus parâmetros de impressão, como tamanho, posição e orientação de impressão na máquina, tamanho de camada, temperatura de impressão, etc. Ao final, é gerado um arquivo com códigos e coordenadas para o entendimento da impressora 3D (g-code).

Configuração da máquina: etapa para preparar a impressora para o início da impressão. Nas impressoras FDM, é necessário ligar e ajustar a temperatura do bico extrusor e da mesa aquecida, além de colocar o material a ser extrudado.

Construção física da peça: etapa de pouca ou nenhuma intervenção humana. A impressora interpreta o código e imprime camada por camada.

Pós processamento: etapa para retirada da peça da máquina, retirada de possíveis materiais de suporte e tratamento da superfície do objeto impresso (FIGURA 9).

FIGURA 9 - Pós processamento de objeto impresso.



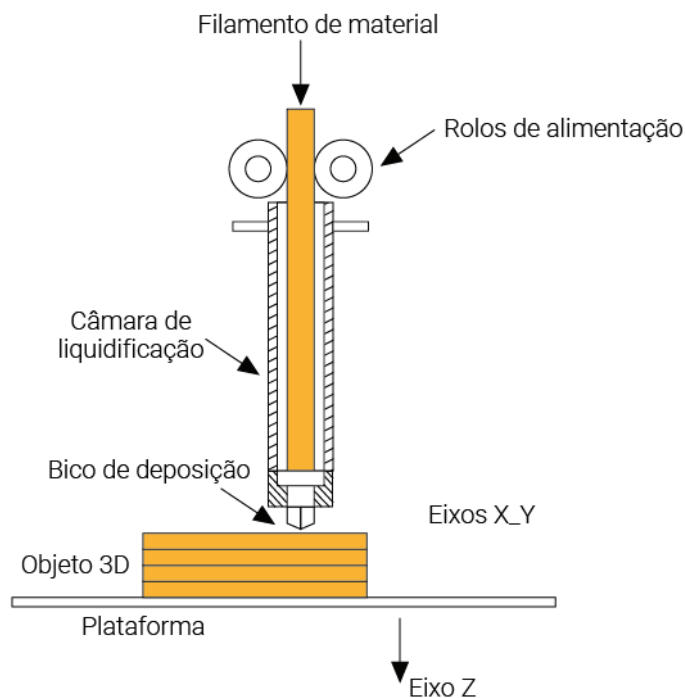
FONTE: Impressão 3D Fácil (2015).

Volpato (2013) explica o funcionamento do processo FDM na etapa de construção física da peça:

O processo FDM constrói o protótipo por deposição de um material extrudado. A cabeça de extrusão com movimentos nos eixos X-Y, posicionada sobre uma mesa com movimento no eixo Z, recebe continuamente o material na forma de um fio, aquecendo-o até o ponto semilíquido ou pastoso. O próprio filamento de material sendo tracionado funciona como êmbolo no início do sistema de extrusão para expulsar o material por um bico calibrado. Quando o filamento fino de material extrudado entra em contato com o material da superfície da peça, ele se solidifica e adere à camada anterior. A mesa, que é constituída de um mecanismo elevador, desloca no eixo Z o valor referente à espessura de uma camada a ser depositada e o processo é repetido até que a peça seja construída (VOLPATO, 2013, p.66-67).

Desta forma, a impressora 3D FDM funciona a partir dos eixos cartesianos X, Y e Z, que se movimenta de acordo com as coordenadas recebidas do arquivo g-code (gerado na etapa de definição de parâmetros e manipulação do arquivo STL). A figura 10 traz uma representação do processo de impressão.

FIGURA 10 - Processo de impressão FDM.



FONTE: Adaptado de Cunico (2015, p.15).

Para a fabricação de objetos 3D nas impressoras FDM, é necessário conhecer e entender os parâmetros de controle envolvidos, onde Cunico (2015, p. 20), destaca os principais:

- Espessura;
- Diâmetro do bico de extrusão;

- Distância entre filamentos;
- Número de camadas de contorno da peça;
- Densidade de preenchimento da peça;
- Tipo de padrão de preenchimento;
- Velocidade de extrusão;
- Velocidade de deslocamento;
- Temperatura de extrusão;
- Material de extrusão (CUNICO, 2015, p.20).

Estes e outros parâmetros são controlados e ajustados em *softwares* específicos - escolhidos de acordo com a marca da impressora 3D, na etapa de manipulação do arquivo STL. Os parâmetros podem ser ajustados a cada impressão, caso seja necessário, atendendo as necessidades de cada impresso. Por exemplo, é possível optar por uma peça oca, ajustando a densidade de preenchimento para 0%, e em outra ocasião escolher um objeto semi oco, com densidade 50%. Cada parâmetro influencia nas propriedades finais do impresso 3D.

Em relação aos materiais utilizados na fabricação, os mais comuns nessas impressoras são os termoplásticos Acrilonitrila Butadieno Estireno (ABS, do inglês *acrylonitrile butadiene styrene*) e Polilático (PLA, do inglês *polylactic acid*), porém também há uso de outros materiais como o nylon, ABS flexível, PET, ABSi (material esterilizável), policarbonato (PC), polifenilsulfona (PPSF), poliéster, cera (VOLPATO, 2013; ABREU, 2015).

Na utilização da tecnologia, Cunico (2015) aponta que as principais limitações se encontram no baixo nível de acabamento (limitação contornada através de pós processamento), baixa densidade e longos tempos de fabricação. Abreu (2015) complementa ainda de a restrição da matéria-prima ser encontrada apenas em filamento e das possíveis distorções do material após impresso. Ainda assim, as limitações não foram impedimento para a disseminação da tecnologia e a popularização das impressoras 3D FDM de baixo custo.

A popularização das impressoras 3D FDM ocorreu a partir da queda de patente da tecnologia, onde em meados dos anos 2000, Adrian Bowyer criou o conceito de impressora 3D que pudesse ser auto replicável (a própria impressora imprimindo suas peças), imprimindo aproximadamente 57% da sua composição (ABREU, 2015). A partir daí surgiu o movimento RepRap (*Replicating Rapid Prototyper*), que disseminou projetos e modelos abertos ao público (*open source*) na internet, inclusive com *softwares* gratuitos para sua utilização (ABREU, 2015; REPRAP, 2016). Por conta deste movimento, as impressoras 3D de baixo custo são as mais utilizadas atualmente, chegando ao nível de utilização doméstica (ABREU, 2015; CUNICO, 2015; REPRAP, 2016).

As principais características da impressora 3D FDM para uso não industrial incluem preços mais baixos; área de impressão entre 50x50x50mm e 254x254x254m; utilização de ABS ou PLA como matéria-prima; precisão inferior ao uso industrial, mas com melhora gradual e produção baixa (ABREU,

2015; CUNICO, 2015). Ainda assim, a gama de oportunidades para a utilização da impressora 3D FDM é extensa, inclusive para o campo da acessibilidade e Educação, como por exemplo na criação de Tecnologia Assistiva e na produção de materiais didáticos (BUEHLER et al., 2016).

3.4. TRADUÇÃO DE IMAGENS ESTÁTICAS PARA PERCEPÇÃO TÁTIL

Por seu caráter essencial, as imagens táteis necessitam de atenção na tradução do visual para o tátil, para que sejam compreensíveis pelos cegos. Desta forma, é necessário atentar para detalhes como faixa etária e experiência dos usuários cegos; meio de produção e suas limitações; formas de simplificação e tradução tátil da informação visual, etc.

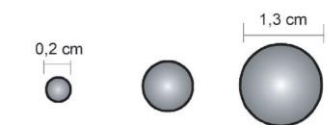



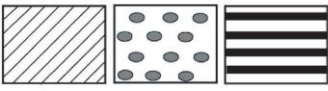


Para recomendações gerais sobre o processo de análise e tradução de imagens táteis, estudos da pesquisadora Loch (2008) e da organização *Braille Authority of North America* - BANA (2011) são referenciados e sintetizados a seguir.

A cartografia tátil de Loch (2008): a autora atuando no ramo da cartografia tátil, propõe uma padronização na criação de mapas táteis para pessoas com deficiência visual, tanto para utilização na Educação quanto para a mobilidade e localização espacial.

Loch (2008) argumenta acerca da precariedade de recursos táteis a nível mundial, com pouca pesquisa e reconhecimento da área. Entretanto, ela destaca a criticidade do Brasil em relação ao tema, enfatizando a necessidade de iniciativas e de especialistas envolvidos na produção de mapas para cegos (é possível estender essa precariedade para além dos mapas, abrangendo qualquer material tátil para a Educação).

Para a autora, as variáveis gráficas táteis são semelhantes às visuais, com a ressalva de levar em consideração as peculiaridades da compreensão tátil. Loch (2008) baseando-se em Bertin (1986) admitiu as seguintes variáveis táteis: tamanho, forma, padrão e volume, como apresentado na figura 11.

FIGURA 11 - Variáveis gráficas táteis.

VARIÁVEIS GRÁFICAS TÁTEIS		
TAMANHO	Ponto	
	Linha	
FORMA	Ponto	
	Linha	
PADRÃO	Área Pontos e linhas bem diferentes para formar Padrões	
VOLUME	Visto em perfil	
	Visto de topo	

FONTE: Loch (2008).

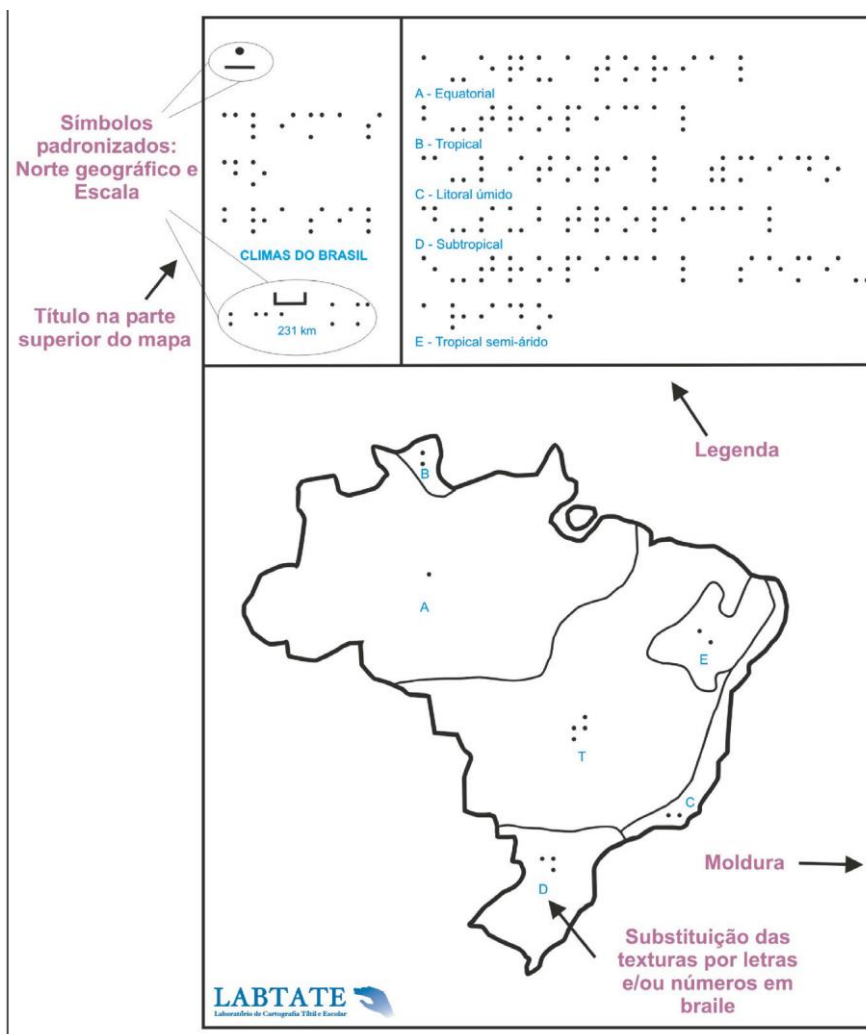
Para Loch (2008), a implementação de pontos e linhas não devem ultrapassar 3 tamanhos cada um, variando entre 0,2 cm e 1,3 cm para pontos, e com tamanho mínimo de 1,3 cm para linha. Também de acordo com a autora, o uso da forma não deve se restringir apenas nas formas geométricas básicas como quadrado e círculo, o que serve tanto no uso de pontos quanto de linhas. Fora isso, não recomenda o uso de mais de dois temas para cada mapa, sugerindo a utilização de uma coleção de mapas táteis caso necessário.

Em relação a área e texturas, recomenda utilizar texturas e orientações de forma que sejam diferenciadas, para facilitar o reconhecimento tátil ou, quando a área for pequena, substituir pelo Braille.

Quanto a variável volume, apresenta a possibilidade de camadas sobrepostas para uma sensação de tridimensionalidade, mas não discorre a fundo sobre.

Em busca de padronização, a autora afirma ser necessário verificar 3 itens: os recursos disponíveis para a produção, a portabilidade, e as possibilidades de reprodução em locais distintos. Além disso, propõe um leiaute para os mapas táteis, apresentado na figura 12.

FIGURA 12 - Leiaute de um mapa tátil.



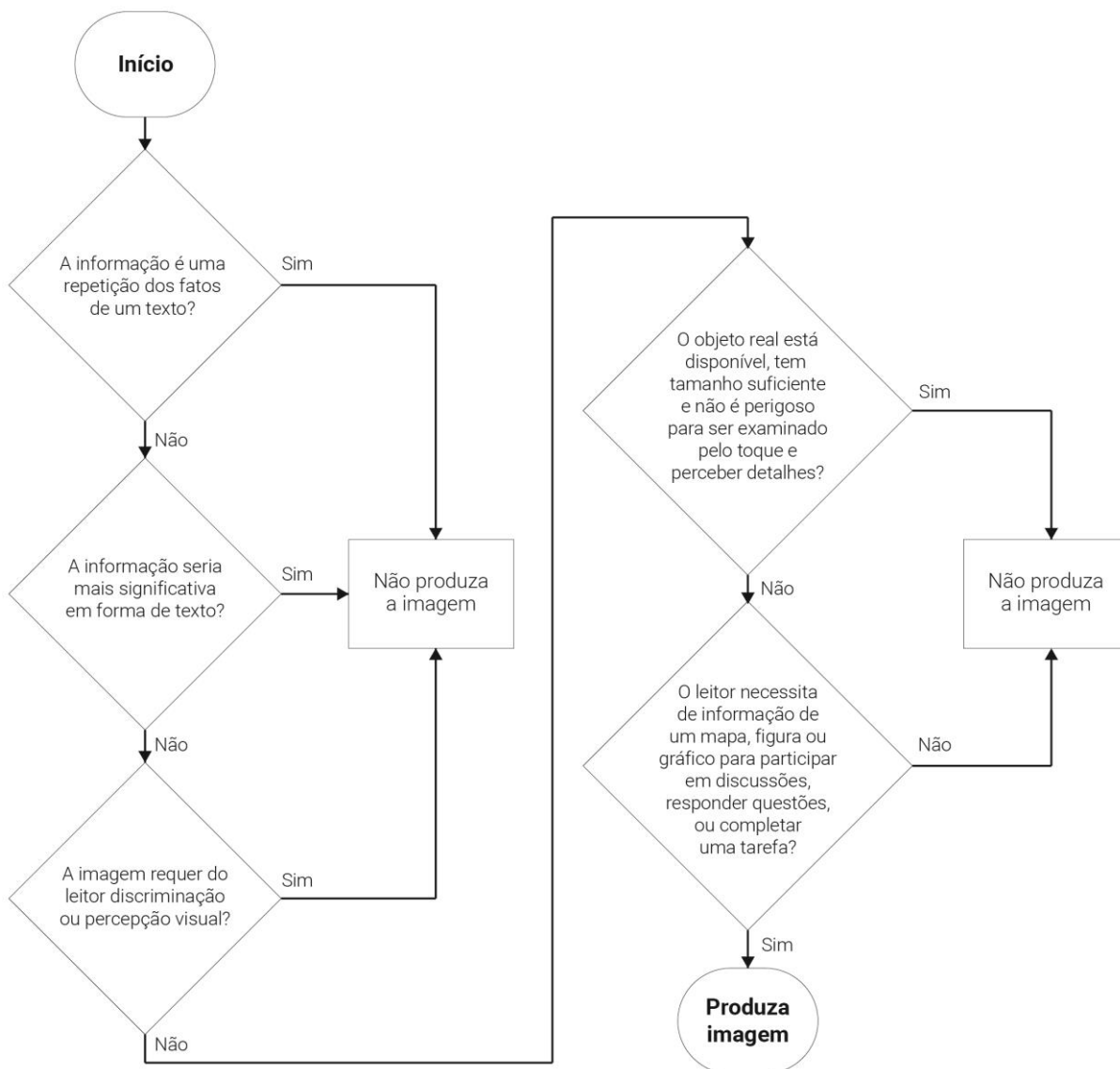
FONTE: Loch (2008).

Como proposto, as informações essenciais como norte geográfico, título, escala e legenda devem ser localizados na parte superior do mapa, para contextualização do usuário. Há também a necessidade de moldura para demarcação do limite da imagem tátil, e a sugestão de troca de texturas excessivas por Braille. Esta disposição segue a leitura ocidental, da esquerda para a direita e de cima para baixo, do mesmo modo da leitura em Braille.

Diretrizes para imagens táteis do BANA (2011): em 2010, Estados Unidos e Canadá criaram um documento para descrição de diretrizes para planejamento e construção de imagens táteis, publicado pelo BANA (*Braille Authority of North America*) em 2011.

O BANA (2011) destaca a ideia de produzir imagens táteis apenas quando necessárias para a compreensão da pessoa cega, e apresentam um fluxograma de decisão para a produção ou não desta imagem (FIGURA 13).

FIGURA 13 - Fluxograma de decisão.



FONTE: Adaptado de BANA (2011).

Também define os elementos básicos da imagem tátil: área, ponto, linha e rótulo. O documento tem o seu conteúdo dividido em 12 unidades (capítulos), apresentando desde o planejamento, passando por símbolos matemáticos, até diretrizes para provas.

Para esta pesquisa, analisou-se por completo o documento e entendeu-se como essenciais as 3 primeiras unidades, sendo elas: critérios para inclusão de imagem tátil, princípios de design, e planejamento e edição. A partir disso, fez-se uma revisão destas unidades, totalizando 80 diretrizes. Destas, foram extraídas 23 diretrizes consideradas pertinentes para esta pesquisa. A relevância foi considerada tendo em vista sua aplicação prática no modelo de tradução. Diretrizes que explicavam conceitos, tinham teor subjetivo ou pouco mensurável, foram descartadas.

A compilação destas diretrizes é apresentada no quadro 3.

QUADRO 3 - Diretrizes para criação de imagens táteis.

Diretrizes retiradas do BANA (2011)

Itens decorativos devem ser excluídos das imagens táteis.

Simplificar sem perder o sentido da imagem original.

Se o intuito não for apresentação de medidas, é permitido mudanças em leiaute, forma ou posição.

A principal utilização do 3D é para apresentar profundidade e elevação.

Pode acompanhar notas do tradutor, caso necessário.

Manter a consistência de elementos (tamanho, símbolos...) através de um conjunto de imagens.

No planejamento, considerar experiência e idade do usuário final.

Não ultrapassar 5 texturas de área, 5 estilos de linha e 5 símbolos de ponto em uma mesma imagem.

Documentar e listar o conteúdo a ser traduzido, como linhas, áreas, pontos...

Tamanho médio de imagens táteis é de 280 x 290mm, podendo variar de acordo com a clareza de cada imagem e disponibilidade de material.

Área mínima é de 6mm². Pequenas áreas são elevadas além das outras áreas para indicar destaque.

Linha mínima de 12,5mm de comprimento. Linha pontilhada apresenta entre 6mm até 10mm de tracejado, com pelo menos metade do tamanho de espaço entre eles.

Setas deverão ser representadas com um triângulo fechado ou ponta de seta aberta.

Mínimo tamanho de ponto é 6mm.

Rótulos são apresentados entre 3 e 6mm de distância do componente, ou acompanhar linha de, pelo menos, 20mm até o componente a ser rotulado.

Em caso de rótulo sobrepondo uma textura, manter 3mm de margem ao redor do rótulo.

Quando uma imagem estática já contém escala, aumentar a escala proporcionalmente caso seja necessário.

Se necessário, usar 2 vistas de uma mesma imagem estática para representação tátil.

Na simplificação de mapas, elementos como pequenas ilhas, rios, cidades menores, etc. poderão ser excluídas na imagem tátil, desde que não comprometam o significado.

Bordas e molduras da imagem estática são eliminadas a não ser que seja uma borda de referência.

Informações secundárias podem ser incluídas como pequenos textos adjacentes.

Áreas similares ou áreas muito pequenas e próximas podem ser agrupadas em apenas uma área.

Imagens estáticas muito complexas devem ser divididas em várias imagens táteis e, neste caso, deve ser criada uma imagem simplificada do todo para referência. Exemplo de divisão em um mapa é separar elementos como: cidades, recursos minerais, rios e lagos, etc.

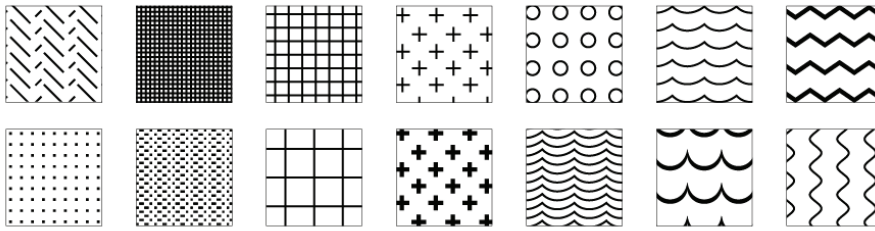
FONTE: BANA (2011).

Além disso, o documento do BANA (2011) ainda sugere uma paleta de texturas que podem ser usadas em conjunto, e também estilos de linhas e setas (FIGURA 14).

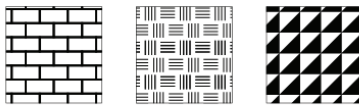
FIGURA 14 - Paleta de texturas, estilos de linhas e setas.

Texturas

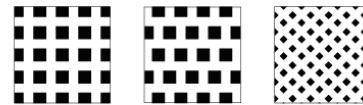
Grupo A: Esse grupo pode ser utilizado livremente ou com texturas de outros grupos.



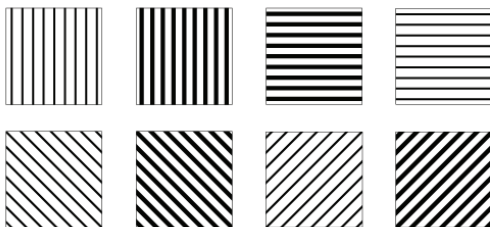
Grupo B: Use apenas 1 textura do grupo.



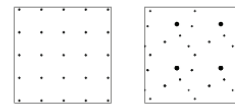
Grupo E: Use apenas 1 textura do grupo.



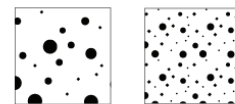
Grupo C: Use apenas 1 textura do grupo.



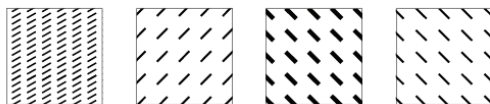
Grupo F: Use apenas 1 textura do grupo.



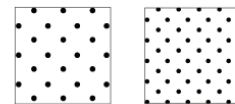
Grupo G: Use apenas 1 textura do grupo.



Grupo D: Use apenas 1 textura do grupo.

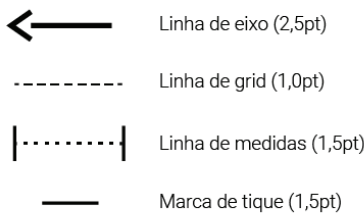


Grupo H: Use apenas 1 textura do grupo.

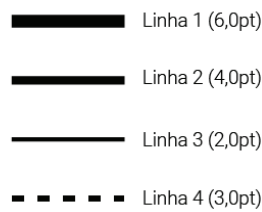


Linhas e setas

Linhas especiais.



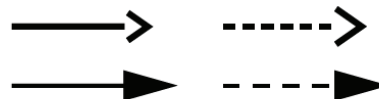
Exemplo de linhas.



Exemplo de tracejados.



Exemplo de setas.



FONTE: Adaptado de BANA (2011).

A paleta de texturas é dividida em 8 grupos, denominados da letra A até a H. O grupo A, o mais diverso, apresenta texturas que podem ser utilizadas livremente entre si ou em conjunto com texturas de

outro grupo. Já os grupos B, C, D, E, F, G e H delimitam a utilização de apenas uma textura por grupo, pois cada grupo apresenta texturas semelhantes e, por conta disso, podem atrapalhar e confundir a percepção tátil do cego.

Além das recomendações de Loch (2008) e BANA (2011), se fez necessária uma revisão sobre o uso da impressão 3D para criação de imagens táteis, a fim de obter recomendações que abordassem também o meio de produção.

3.4.1. Impressão 3D no auxílio da percepção tátil de imagens

Há a possibilidade de se utilizar a tecnologia da impressão 3D para a criação de imagens táteis como mídia alternativa para imagens estáticas em objetos de aprendizagem acessíveis, como defende Chicca Junior, Castillo e Coutinho (2015). Para eles, a aliança entre objetos de aprendizagem, impressão 3D e acessibilidade permite que o número de usuários acessando a mesma informação seja maior, através de diferentes canais (visual e tátil), atendendo ao princípio da informação perceptível do design universal. Outros autores também defendem a utilização da impressora 3D para a ensino de pessoas com deficiência visual, alegando ser uma tecnologia emergente, em expansão e compatível com o propósito da acessibilidade (ORTÍ et al., 2014; GRUENWALD, 2014; SOBRAL; CAVALCANTI; EVERLING, 2015; FLORES et al., 2015; BUEHLER et al., 2016).

Gual, Puyuelo e Lloveras (2011; 2014) defendem o uso da impressora 3D como meio produtivo para imagens e mapas táteis tendo como principal argumento a possibilidade de utilizar elementos volumétricos em três dimensões, ao passo que os métodos mais comuns - termoformagem e impressão em relevo - permitem apenas a utilização bidimensional (2D) de elementos táteis (ponto, linha e textura) (FIGURA 15).

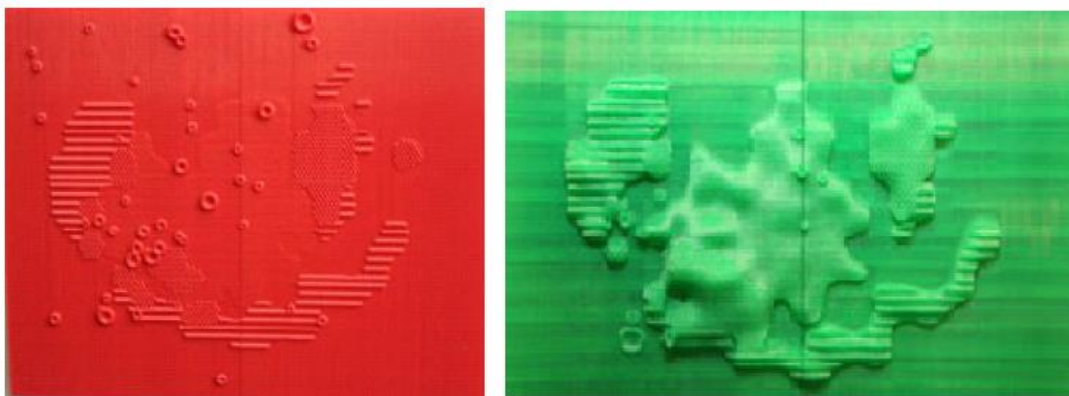
FIGURA 15 - Elementos 2D e 3D das imagens táteis.



FONTE: Adaptado de Gual, Puyuelo e Lloveras (2014).

Neste caso, a impressora 3D possibilitaria a aplicação de elementos bidimensionais e tridimensionais nas imagens táteis, de acordo com a necessidade ou preferência. Um exemplo da exploração bidimensional e tridimensional é apresentado por Grice et al. (2015) (FIGURA 16).

FIGURA 16 - Elementos bi e tridimensionais das imagens táteis.

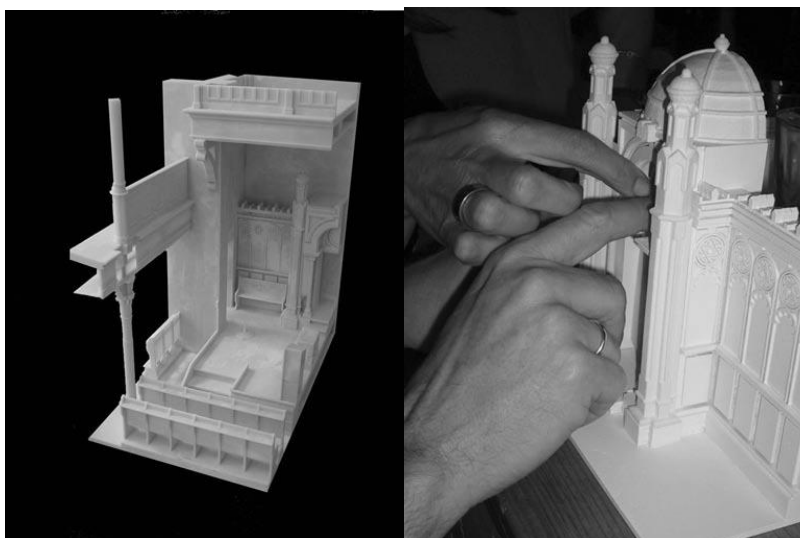


FONTE: Grice et al. (2015).

Os autores testaram imagens táteis traduzidas de imagens astronômicas do telescópio Hubble, produzidas em impressora 3D FDM de baixo custo e tanto a imagem tátil 2D quanto a 3D foram aceitas pelos usuários. Outros autores também demonstram a utilização da impressora 3D para obtenção de imagens e mapas táteis, como por exemplo, Voigt e Martens (2006), Celani e Milan (2007), Gual-Ortí, Puyuelo-Cazorla e Lloveras-Macia (2015), Araujo e Santos (2015), Urbas, Pivar e Elesini (2016), e Ramsamy-Iranah et al. (2016), gerando observações ou recomendações para a sua criação.

Voigt e Martens (2008) desenvolveram um modelo tátil de uma sinagoga para a apresentação da arquitetura para pessoas com deficiência visual (FIGURA 17).

FIGURA 17 - Modelo tátil da arquitetura da sinagoga.



FONTE: Voigt; Martens (2006).

Os autores consideram a impressão do modelo um dos passos que requer mais atenção, pois é necessário saber de antemão as limitações da máquina, como o tamanho máximo de impressão, para

que o modelo possa ser preparado levando em consideração essas limitações.

Celani e Milan (2007) construíram mapas táteis da biblioteca central da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), utilizando uma impressora 3D SLS (FIGURA 18).

FIGURA 18 - Mapa tátil da biblioteca central da UNICAMP.

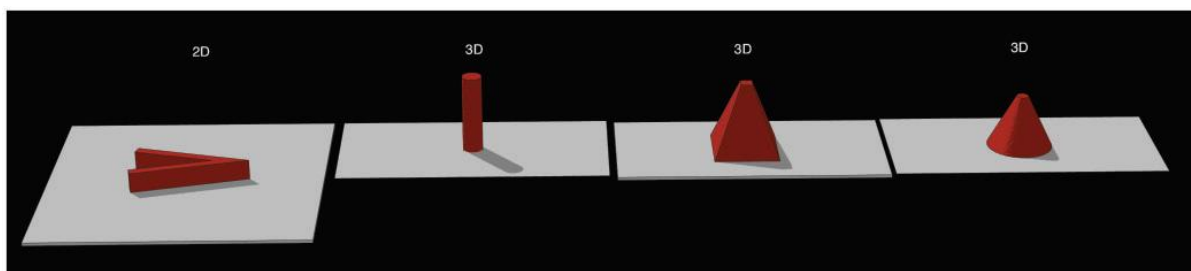


FONTE: Celani; Milan (2007).

Através dos testes de percepção e usabilidade, Celani e Milan (2007) compreenderam a necessidade de criar uma unidade entre os mapas de um mesmo conjunto, mantendo a mesma escala e o mesmo leiaute. Comentam também ser importante considerar a experiência prévia do usuário com imagens táteis, e se é cego congênito ou não, pois estas informações podem auxiliar na criação da imagem tátil.

Ainda em relação aos mapas táteis, em um teste comparativo entre um mapa tátil impresso em relevo através de papel microencapsulado e um impresso em 3D com elementos 2D e símbolos 3D, Gual-Ortí, Puyuelo-Cazorla e Lloveras-Macia (2015) chegaram na conclusão de que o uso de símbolos 3D melhora o tempo de localização tátil dos elementos no mapa, além de diminuir a quantidade de erros na leitura e identificação de cada símbolo ou elemento. Neste teste, os símbolos de cabine de telefone, quiosque e elevador urbano foram criados em 3D para avaliação (FIGURA 19).

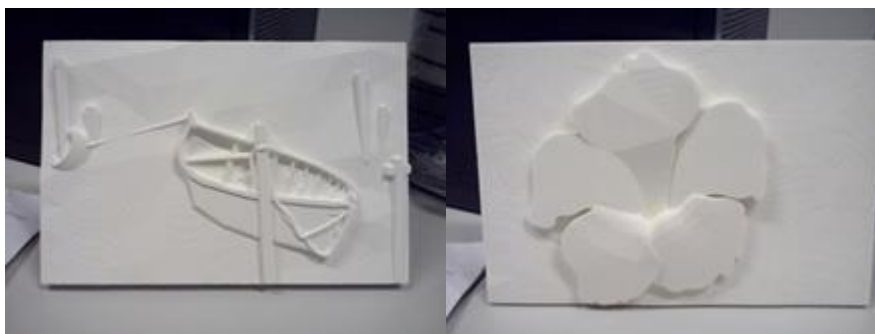
FIGURA 19 - Símbolos 2D e 3D.



FONTE: Gual-Ortí; Puyuelo-Cazorla; Lloveras-Macia (2015).

Em outro aspecto de imagem tátil, Araujo e Santos (2015) imprimiram fotografias de uma exposição da fotógrafa Jaquelina Rolim para reconhecimento tátil (FIGURA 20).

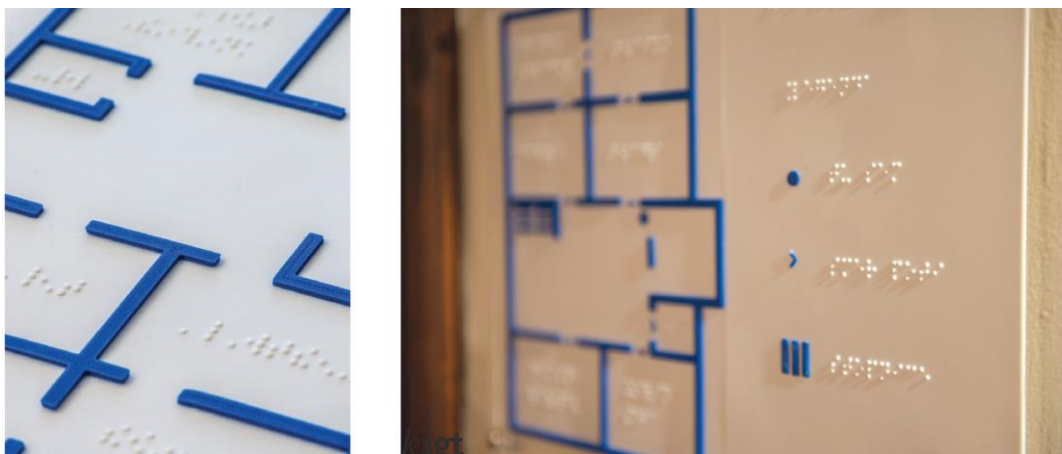
FIGURA 20 - Imagens táteis das fotos de Jaquelina Rolim.



FONTE: Araujo; Santos (2015).

Nas reflexões acerca dos resultados, Araujo e Santos (2015) salientaram a necessidade de capturar apenas o essencial da imagem estática, ao contrário de tentar traduzir todos os elementos para o 3D. Além disso, notaram que o material (gesso) era áspero ao toque e necessitava de pós-processamento que o deixasse mais suave. Na mesma conclusão chegaram Urbas, Pivar e Elesini (2016), ao imprimir mapas táteis de um museu (FIGURA 21).

FIGURA 21 - Mapa tátil pronto.



FONTE: Urbas; Pivar; Elesini (2015).

Apesar de utilizarem outra impressora e outro material - ABS, o toque áspero foi suavizado com pós-processamento.

Ramsamy-Iranah et al. (2016) criaram uma série de 14 símbolos táteis representativos de cores, e os testaram em 3 materiais diferentes - papel impresso em relevo, bordado sobre tecido e impresso 3D. Dentre os resultados encontrados, a velocidade de reconhecimento dos símbolos impressos em 3D foi mais rápida que entre os outros processos de produção. Na revisão bibliográfica, Ramsamy-Iranah et al. (2016) procuraram recomendações da literatura para que o símbolo fosse compreensível:

- Usar formas identificáveis e familiares;
- Usar formas simples;
- Considerar usar tanto contornos quanto formas sólidas;
- Fazer com que os elementos de cada símbolo sejam reconhecíveis;
- Criar cada símbolo diferente e reconhecível, mas manter uma lógica entre eles;
- Fazer símbolos em tamanho adequado (10x10mm);
- Evitar sobreuso de texturas;
- Usar diferentes orientações de forma para um grupo de símbolos;
- Em formas tridimensionais, obter elevação suficiente a partir da base.

Estas recomendações corroboram com Loch (2008) e BANA (2011) ao argumentarem para a utilização de formas familiares, simples e distinguíveis entre si, para o reconhecimento tátil, além de evitar o uso exagerado de elementos. Há, porém, um acréscimo pontual na recomendação de tamanho mínimo para símbolos, demarcado em 10x10 mm. Símbolos táteis são úteis para identificação de elementos na composição de uma imagem tátil.

Da mesma forma, Jovanović, Anđelković e Krstić (2014) coletaram informações sobre a produção de imagens e mapas táteis através da impressão 3D, chegando nas seguintes recomendações:

- A superfície não deve ser muito áspera nem muito lisa;
- O modelo deve conter abstrações de forma e simplificações, para evitar sobrecarregamento de informações;
- Recomendável o uso de texturas;
- Caso seja um conjunto de imagens ou mapas, manter a mesma escala;
- Utilizar além de formas geométricas básicas para os elementos;
- Caso o grupo de imagens táteis representem partes de um todo, criar uma imagem tátil em escala menor para representação do todo.

Os autores, porém, não apresentam como transformar uma imagem bidimensional em um modelo tátil, atendo-se nas recomendações de modelagem e produção.

O quadro 4 sumariza as referências utilizadas, a área de atuação no uso das imagens táteis e qual tecnologia de impressão 3D utilizada.

QUADRO 4 - Sumarização de referências, áreas de atuação e tipo de impressão 3D.

Referência	Área de atuação	Tecnologia de impressão 3D
Grice et al (2015)	Astronomia	FDM
Voigt e Martens (2006)	Arquitetura	3DP
Celani e Milan (2007)	Mapa tátil / mobilidade	SLS
Gual-Ortí, Puyuelo-Cazorla e Lloveras-Macia (2015)	Mapa tátil / mobilidade	Não especificado
Araujo e Santos (2015)	Fotografia	3DP
Urbas, Pivar e Elesini (2016)	Mapa tátil / mobilidade	FDM
Ramsamy-Iranah et al. (2016)	Símbolos táteis	FDM
Jovanović, Anđelković e Krstić (2014)	Arquitetura	---

FONTE: a autora (2018).

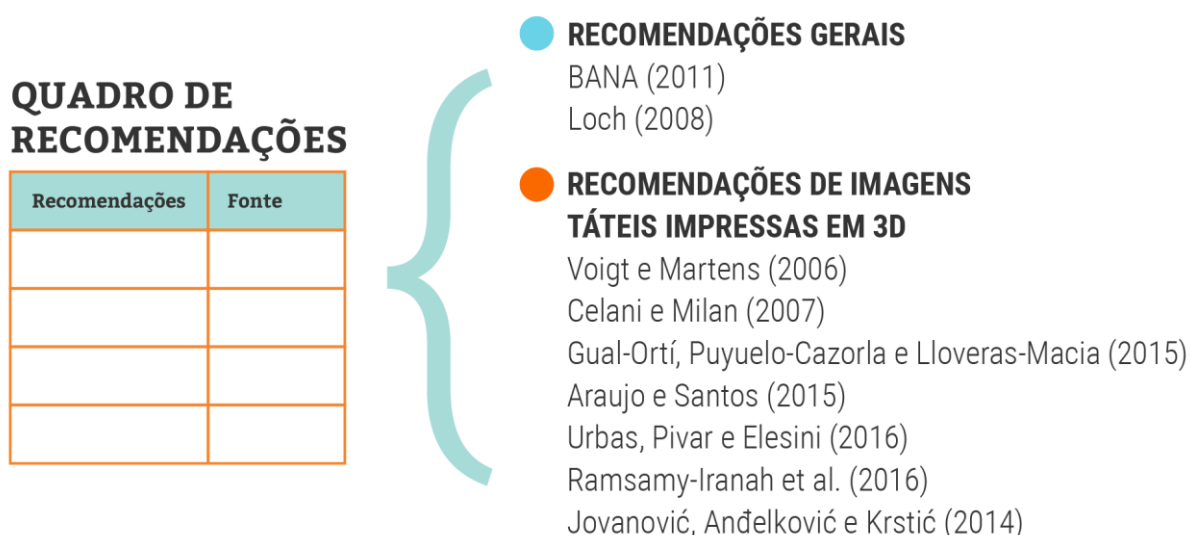
Diante do exposto, é possível perceber o interesse na utilização da impressora 3D como recurso

de acessibilidade para pessoas cegas, mas que ainda não há determinado como fazer o processo de tradução de imagens estáticas bidimensionais em imagens táteis.

3.4.2. Recomendações de tradução para imagens táteis impressas em 3D

A revisão da literatura apresentada anteriormente, tanto de recomendações gerais quanto recomendações para a impressão 3D, serve de subsídio para a criação do modelo de tradução de imagens estáticas bidimensionais em imagens táteis. Os autores e obras apresentadas foram encontrados através da Revisão Bibliográfica Sistemática e revisão de obras complementares. Os autores utilizados para o quadro de recomendações são apresentados na figura 22.

FIGURA 22 - Autores utilizados para o quadro de recomendações.



FONTE: a autora (2018).

As principais recomendações foram coletadas, tabuladas e sobrepostas, para que ideias similares fossem identificadas e compiladas em uma só recomendação. Sendo assim, o quadro 5 apresenta o resultado da obtenção de recomendações e suas relações com os autores originais, divididas em 4 categorias: sobre variáveis táteis; composição da imagem tátil; simplificação e; aspectos físicos da imagem e usuários.

3D utilizado pode ser utilizado para apresentar profundidade e elevação	x								
Documentar e listar o conteúdo a ser traduzido, como linhas, áreas...	x								
Tamanho médio de imagens táteis em papel é 28x29 cm, mas pode variar de acordo com a clareza de cada imagem	x								
Rótulos são apresentados entre 3 e 6 mm de distância do componente, ou acompanhar linha de 2cm até o componente	x								
Manter 3mm de margem entre um rótulo e textura	x								
Quando uma imagem contém escala, aumentar a escala proporcionalmente caso seja necessário	x								
Informações secundárias podem ser incluídas como pequenos textos	x								
	BANA (2011)	Loch (2008)	Voigt; Martens (2006)	Celani; Milan (2007)	Gual-Ortí; Puyuelo-Cazorla; Lloveras-Macia (2015)	Araujo; Santos (2015)	Urbas; Pivar; Elesini (2016)	Ramsamy-Iranah et al. (2016)	Jovanović; Anđelković; Krstić (2014)
Simplificação	Fonte								
Simplificar elementos para compreensão tátil, porém manter detalhes essenciais.	x		x		x		x	x	
Itens decorativos devem ser excluídos das imagens táteis	x								
Na simplificação de mapas, elementos como pequenas ilhas, rios, cidades menores poderão ser excluídas na imagem tátil, desde que não comprometam o significado	x								

Bordas devem ser eliminadas a não ser pela borda de referência e de limites	x	x							
Áreas similares ou áreas muito pequenas juntas podem ser agrupadas em uma área só	x								
Imagens muito complexas devem ser divididas em várias imagens, e neste caso deve ser feita uma imagem simplificada do todo para referência. Exemplo no mapa é separar elementos: cidades, recursos minerais, rios e lagos...	x								
	BANA (2011)	Loch (2008)	Voigt; Martens (2006)	Celani; Milan (2007)	Gual-Ortí; Puyuelo-Cazorla; Lloveras-Macia (2015)	Araujo; Santos (2015)	Urbas; Pivar; Elesini (2016)	Ramsamy-Iranah et al. (2016)	Jovanović; Anđelković; Krstić (2014)
Aspectos físicos da imagem e usuários	Fonte								
Levar em consideração limitações técnicas da impressora 3D, recursos financeiros, portabilidade e possibilidade de impressão em outros lugares			x						
Utilizar pós-processamento para que a impressão não fique áspera ou muito lisa							x		x
Levar em consideração o usuário - tipo de cegueira, experiências prévias, idade				x					
A imagem pode acompanhar notas do tradutor, caso necessário	x								

FONTE: a autora (2018).

Constata-se semelhanças entre as recomendações e diretrizes apresentadas, tais quais: simplificação de objetos, definição de leiaute, evitar o exagero de texturas ou mesmo elementos subjetivos como levar em consideração a experiência do usuário final.

Como exemplificação, as figuras 23 e 24 mostram uma imagem estática (mapa de climas do Brasil) e como seria sua tradução para um modelo digital pronto a ser impresso em 3D, seguindo as recomendações compiladas no quadro anterior.

FIGURA 23 - Imagem estática: mapa de climas brasileiros.



FONTE: SEED, 2017.

FIGURA 24 - Modelo digital da imagem tátil traduzida.



FONTE: a autora (2018).

É importante ressaltar o potencial da impressão 3D como recurso assistivo, e exaltar a

particularidade desta tecnologia para a produção de imagens táteis, que é a possibilidade de uso de objetos tridimensionais e a combinação destes com elementos 2D, ideia defendida aqui, principalmente, pelos autores Jovanović, Anđelković e Krstić (2014), Gual-Ortí, Puyuelo-Cazorla e Lloveras-Macia (2015), e Ramsamy-Iranah et al. (2016).

Estas recomendações são indispensáveis para esta pesquisa, pois trazem a especificidade da impressão 3D para a produção de imagens táteis. De acordo com Gual-Ortí; Puyuelo-Cazorla; Lloveras-Macia (2015), é essencial que se estabeleça requisitos para a criação de imagens táteis em três dimensões, que é o objetivo desta dissertação.

3.5. SÍNTESE E CONCLUSÕES DO CAPÍTULO

Este capítulo apresentou a acessibilidade de imagens táteis, abordando desde a percepção tátil de pessoas cegas, passando pela imagem tátil e impressão 3D, até a apresentação de recomendações para a tradução de imagens estáticas em imagens táteis. O objetivo deste capítulo, além de contextualizar e caracterizar a percepção tátil, foi apresentar a imagem tátil impressa em 3D como uma alternativa para sanar a necessidade informacional dos cegos em contextos educativos.

Com o fim deste capítulo, a revisão de literatura em busca de contexto, lacunas, recomendações e diretrizes se encerra, obtendo todos os dados teóricos desta pesquisa. A partir disto, é possível propor o modelo de tradução para que seja posteriormente testado, através da compilação de recomendações geradas a partir da revisão da literatura (sobre planejamento e criação de imagens táteis - impressas em 3D ou não). Eventuais divergências entre as recomendações de imagens táteis 3D e imagens táteis gerais serão analisadas e sobrepostas, buscando alcançar um ponto intermediário satisfatório.

4. MÉTODO DA PESQUISA

Neste capítulo são apresentados os procedimentos metodológicos adotados neste trabalho. Sendo assim, há em um primeiro momento a caracterização da pesquisa e os procedimentos metodológicos, seguida pela visão geral do método e suas fases, sendo finalizado com o detalhamento de cada fase definida.

4.1. CARACTERIZAÇÃO DA PESQUISA E PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Esta pesquisa se caracteriza como sendo de natureza aplicada, com objetivo descritivo, de abordagem qualitativa e, para tanto, utilizou os procedimentos da revisão bibliográfica e da pesquisa de campo (FIGURA 25).

FIGURA 25 - Caracterização da pesquisa.

NATUREZA	OBJETIVO	ABORDAGEM	PROCEDIMENTOS
Aplicada	Descritivo	Qualitativa	Rev. bibliográfica Pesquisa de campo

FONTE: a autora (2018).

O trabalho é compreendido como sendo de natureza aplicada, que tem como intuito “gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos” (PRODANOV; FREITAS, 2013, p.51), ou seja, busca-se possíveis aplicações práticas dos requisitos de tradução de imagens na acessibilidade de objetos de aprendizagem.

Quanto ao objetivo, é classificado como descritivo, já que, de acordo com Prodanov e Freitas (2013), visa registrar e descrever dados observados durante a pesquisa - ou seja, utilizando dos registros da fundamentação teórica e os dados observados através dos testes, foi possível chegar ao resultado final de descrever os requisitos para a tradução de imagens estáticas em imagens táteis - através de um modelo de tradução, utilizando também técnicas específicas, tais quais entrevistas e testes de compreensão.

A abordagem da pesquisa é qualitativa, devido ao fato dos dados analisados formarem “um vínculo indissociável entre o mundo objetivo e a subjetividade do sujeito que não pode ser traduzido em números” (PRODANOV; FREITAS, 2013, p.70), ou seja, os dados subjetivos obtidos durante os testes

com usuários cegos foram de suma importância ao resultado final, ao passo que grande quantidade de usuários, tempo decorrido até a percepção da imagem, etc. não foram necessários.

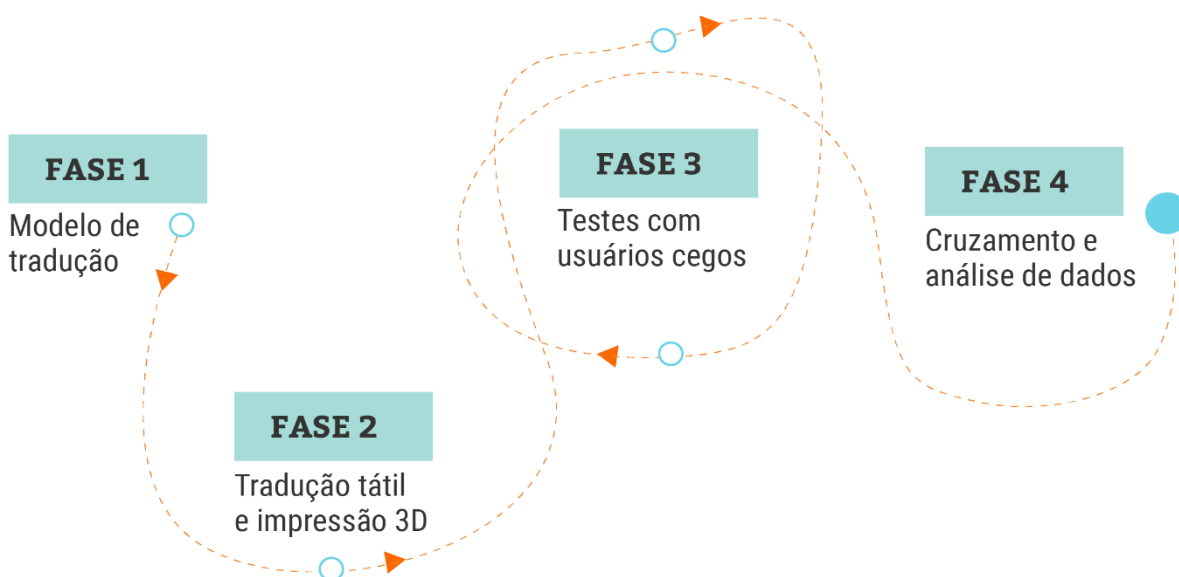
Os procedimentos seguiram as etapas de revisão bibliográfica e pesquisa de campo. A revisão bibliográfica, como aponta Gil (2002, p.44), foi a “desenvolvida com base em material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos”. Ela tem objetivo exploratório, com sua principal vantagem residindo “no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente” (GIL, 2002, p. 45). A técnica de coleta utilizada foi a Revisão Bibliográfica Sistemática (RBS), com complemento de outras obras científicas, compondo a primeira fase da pesquisa: modelo de tradução.

Já a pesquisa de campo, de acordo com Gil (2002), é um estudo que permite o aprofundamento nas questões propostas, utilizando uma comunidade como foco, que não necessariamente precisa ser geográfica, sendo que, no caso deste trabalho, foi composta de indivíduos cegos, profissionais próximos do cotidiano do cego e designers. Preece, Rogers e Sharp (2013, p.363) descrevem, mesmo com os requisitos iniciais propostos pela literatura e compilados no modelo de tradução, que a coleta de dados é necessária para “expandir, esclarecer e confirmar esses requisitos iniciais”.

Sendo assim, a pesquisa de campo tem, portanto, objetivo descritivo, e as técnicas de coleta utilizadas foram testes do modelo de tradução, entrevistas semi-estruturadas e os testes de compreensão. A pesquisa de campo está presente nas quatro fases da pesquisa, sendo: modelo de tradução, tradução tátil e impressão 3D, testes com usuários cegos e, cruzamento e análise dos dados.

A figura 26 traz uma visão geral do método e suas respectivas fases, as quais serão descritas na sequência.

FIGURA 26 - Visão geral do método.



FONTE: a autora (2018).

4.2. FASE 1: MODELO DE TRADUÇÃO

O objetivo desta fase foi a criação do modelo de tradução de imagens estáticas bidimensionais em imagens táteis tridimensionais, composto por requisitos e recomendações encontradas na literatura.

A fase foi dividida em quatro etapas:

- **Revisão bibliográfica:** estabelecimento do estado da arte, definição do objeto de pesquisa e busca de fontes científicas para a base do modelo de tradução. Foi constituído de uma RBS e de obras científicas complementares. A RBS foi realizada através da estrutura de Conforto et al. (2011), detalhada no tópico 4.6, enquanto os resultados se encontram no tópico 5.1.
- **Tabulação dos dados:** etapa de fichamento e tabulação dos artigos encontrados na revisão bibliográfica.
- **Proposição do modelo:** etapa para a seleção de fontes científicas que exploraram requisitos ou recomendações sobre a criação de imagens táteis, além da inserção dos requisitos e recomendações no *framework* de análise gráfica de Engelhardt (2002) como proposição do modelo de tradução.
- **Teste do modelo com designers:** etapa para teste do modelo gerado a partir das recomendações da literatura, com uma imagem de Geografia retirada do repositório do SEED Dia a Dia Educação, com 3 designers com experiência em modelagem digital 3D, que são o público-alvo do modelo de tradução. A partir dos resultados dos testes, o modelo foi revisado de acordo com problemas e sugestões encontrados.

4.2.1. *Framework* de análise gráfica de Engelhardt (2002)

Inicialmente, com a ideia de se trabalhar com conteúdo da matéria de Geografia, especificamente com imagens de mapas, buscou-se dentro da literatura específica do design da informação, autores que trabalhassem a questão de mapas dentro deste contexto. Como resultado desta busca, o trabalho de tese de Engelhardt (2002) se fez coerente como escolha final, pois além de trabalhar a questão de mapas, a tese parte de outros autores da área do design da informação, incluindo Bertin (que, similarmente, foi utilizado por Loch [2008] para criar as variáveis táteis).

Desta forma, para a estrutura do modelo de tradução, foi utilizado o *framework* de análise de representações gráficas, proposto por Engelhardt (2002). O autor propõe, uma análise desde o tipo de representação gráfica (mapa, tabela, gráfico...) até o nível de significação que esta imagem assume

(sentido literal ou metafórico, por exemplo).

Através da síntese desta tese, obteve-se 4 níveis de análise: das representações gráficas (como se caracteriza o tipo de representação da imagem), dos objetos gráficos (funções e características dos objetos que compõe a imagem), da estrutura espacial (relações entre objeto e objeto, e objeto e espaço), e da correspondência (qual o significado atribuído aos objetos e a imagem).

Sobre os termos utilizados, explica-se que:

Uma representação gráfica é um objeto gráfico.

Um objeto gráfico pode ser:

- Um objeto gráfico elementar, ou
- Um objeto gráfico composto, consistindo de:
 - Um espaço gráfico ocupado por ele, e
 - Um conjunto de objetos gráficos, que estão contidos neste espaço gráfico, e
 - Um conjunto de relações gráficas em que estes objetos gráficos estão envolvidos (ENGELHARDT, 2002, p. 14).

O objetivo do primeiro nível (representações gráficas) é realizar uma breve descrição da figura a ser analisada, além de classificar a representação gráfica em tipos primários (mapa, figura, gráfico estatístico, gráfico de tempo, diagrama de ligações, diagrama de agrupamento, tabela, símbolo e texto) ou tipos híbridos (mapa estatístico, mapa de rotas, mapa estatístico de rotas, gráfico estatístico de tempo, diagrama estatístico de ligações, diagrama de ligação cronológico).

Já o segundo nível, objetos gráficos, tem como objetivo definir as características dos objetos que compõe a representação gráfica. Engelhardt (2002) propõe que o objeto seja caracterizado por seus atributos visuais, sejam eles visuais espaciais (posição, tamanho, forma, orientação) ou de preenchimento (cor, textura); pelo modo de expressão dos objetos gráficos elementares, pictóricos ou não pictóricos; pela sua sintaxe (nó, container, conector, rótulo, separador, ponto localizador, linha localizadora, superfície localizadora, volume localizador, marra métrica e linha de grid); e pelas suas funções informacionais (objetos informacionais, objetos de referência e objetos decorativos).

O terceiro nível trata da estrutura espacial, remete ao espaço gráfico e também às relações gráficas dos objetos. Para o autor, as relações podem ser entre objeto-objeto (*clustering*, separadores, alinhamento, ligação por conectores, contenção, sobreposição) ou objeto-espaço (espaços métricos, espaços métricos distorcidos).

Por fim, o quarto nível, correspondência, se define como sendo a relação entre o que é mostrado na representação gráfica e o significado pretendido. Engelhardt (2002) evidencia cinco tipos de

correspondência: literal, metafórica, arbitrária-convencional, *rebus-based* e metonímica.

Apesar do autor não explicitar relações com o tátil, a estrutura do *framework* de Engelhardt foi escolhida por construir níveis de análise que se correspondem às imagens estáticas a serem traduzidas e, por consequência, fazem relação indireta com as imagens táteis. Além disso, a estrutura de 4 níveis de análise serve como um esqueleto para a organização das recomendações encontradas na literatura sobre a tradução da imagem estática para a imagem tátil.

Em relação aos tipos de representações gráficas consideradas como mapas, Engelhardt (2002) define 4: mapas geográficos, mapas estatísticos, mapas de rotas, mapas estatísticos de rotas.

De acordo com Engelhardt (2002), um mapa [geográfico] é uma representação gráfica que serve para representar um arranjo físico em uma superfície. O espaço métrico pode ser distorcido ou envolver aspectos literais para a representação geográfica (FIGURA 27).

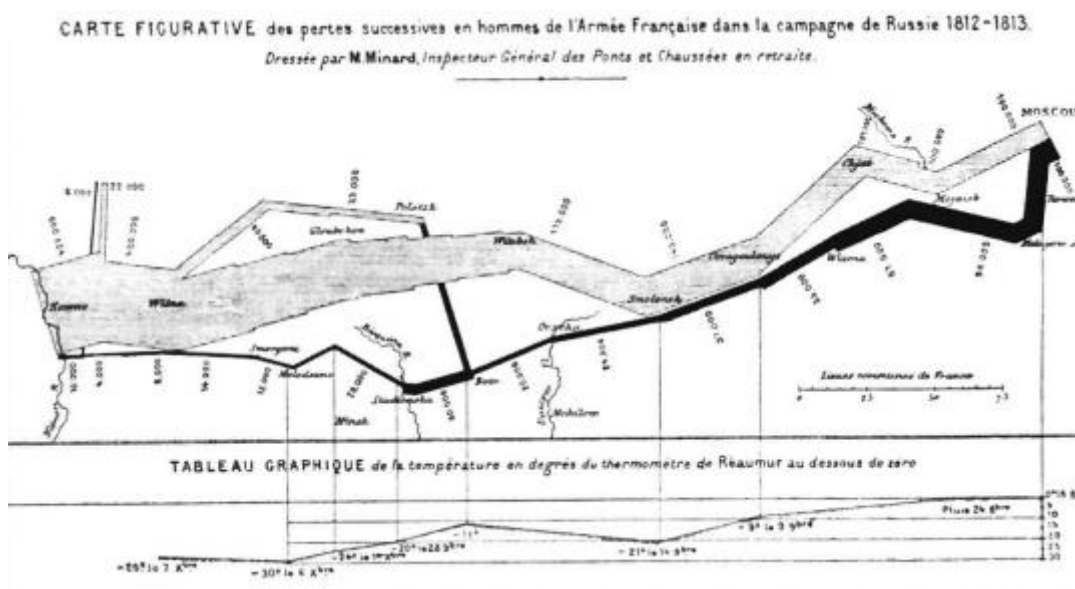
FIGURA 27 - Mapa geográfico.



FONTE: Engelhardt (2002, p. 68).

Já mapas estatísticos, mapas de rotas e mapas estatísticos de rotas são, de acordo com Engelhardt (2002), mapas híbridos com outros tipos de representações gráficas. Um mapa estatístico é uma representação gráfica que se classifica tanto como mapa quanto gráfico estatístico; mapa de rota é, além de mapa, um diagrama de rota; e um mapa estatístico de rota se classifica tanto como mapa quanto um gráfico estatístico e um diagrama de rota, ao mesmo tempo (FIGURAS 28, 29 e 30).

FIGURA 30 - Mapa estatístico de rota.



FONTE: Engelhardt (2002, p. 93).

4.3. FASE 2: TRADUÇÃO TÁTIL E IMPRESSÃO 3D

O objetivo desta segunda fase foi a aplicação do modelo proposto em imagens estáticas bidimensionais retiradas de um repositório de objetos de aprendizagem, modelagem digital e posterior impressão 3D. A fase foi desdobrada em cinco etapas:

- **Definição de uma disciplina como foco:** através de pesquisa bibliográfica exploratória e de sondagem (utilizando para tal entrevistas semi-estruturadas com 3 estudantes cegos do Ensino Fundamental, 1 professora de Geografia e 2 responsáveis por salas de recursos na escola), definiu-se a disciplina de Geografia para ser usada como tema das imagens estáticas.
- **Coleta das imagens estáticas bidimensionais:** busca e seleção de 4 imagens do repositório online de objetos de aprendizagem. Os parâmetros definidos para a seleção das imagens foram: imagens estáticas classificadas como mapas, trabalhadas na disciplina de Geografia, do Ensino Fundamental e Médio, atendendo todas as categorias de mapas mencionadas por Engelhardt (2002) - mapa geográfico, mapa estatístico, mapa de rotas, mapa estatístico de rotas - e com licença de uso livre para fins não comerciais.
- **Aplicação do modelo proposto:** o modelo de tradução gerado na fase 1 foi aplicado nas imagens selecionadas, gerando requisitos para a modelagem digital.
- **Modelagem digital 3D:** com os requisitos gerados na etapa anterior, as imagens

estáticas foram modeladas digitalmente através dos *softwares* Illustrator e Rhinoceros, e preparadas para a impressão tridimensional através do *software* 3D Builder.

- **Impressão 3D:** preparação de arquivo digital através do *software* Slic3r e posterior impressão 3D, utilizando uma impressora 3D Stella e o *software* Repetier-Host.

4.3.1. Geografia e os mapas táteis

De acordo com as Diretrizes Curriculares da Educação Básica, é esperado que o estudante, ao final do Ensino Médio, consiga estabelecer relações socioespaciais, entender o espaço geográfico global, realizar estudos continentais e regionais, e compreender as dimensões econômica, política, demográfica, cultural e socioambiental do espaço geográfico, na disciplina de Geografia (SEED, 2008). Para tal, mapas são um dos recursos visuais utilizados para a compreensão destes conteúdos e precisam ser inclusivos.

Sobre o ensino da disciplina de Geografia através da abordagem inclusiva, Andrade e Nogueira (2016, p.103) afirmam que a aprendizagem necessita ser significativa e, em relação aos estudantes com deficiência visual, “é imprescindível que o professor utilize os recursos táteis [...], já que, comprovadamente, facilitam o aprendizado dos mesmos, pois são recursos concretos”.

Em complemento, Custódio e Régis (2016, p. 264) afirmam que no ensino da Geografia para cegos, “entre os recursos cartográficos táteis que podem auxiliar o processo de ensino e aprendizagem, o mapa é o mais utilizado, porém destacam-se também as maquetes geográficas táteis, os gráficos táteis e o globo terrestre tátil”.

Seis entrevistas semi-estruturadas foram conduzidas como forma de sondar a adequação da disciplina de Geografia no escopo da pesquisa, sendo elas: três com estudantes do Ensino Fundamental de uma escola da rede estadual do Paraná; duas com responsáveis por salas de recursos dentro de escolas estaduais e uma professora de Geografia. O objetivo foi abordar o ensino de Geografia e o uso das imagens táteis na disciplina, através de diferentes perspectivas. A figura 31 resume os principais pontos abordados.

FIGURA 31 - Entrevistas sobre Geografia e imagens táteis.



FONTE: a autora (2018).

Em todas as entrevistas, ficou evidente que o uso de imagens táteis auxilia o estudante cego a compreender a disciplina de Geografia. Para os 3 estudantes entrevistados, relevo e textura são os elementos mais importantes a serem considerados. As salas de recursos, que servem como apoio aos estudantes com deficiência na escola, dispõem de diversos materiais voltados ao ensino de cegos, incluindo imagens e mapas táteis.

Já em entrevista com a professora de Geografia da rede estadual de ensino do Paraná (APÊNDICE A), questionou-se a importância da imagem tátil em sala de aula para que os estudantes cegos entendam o conteúdo abordado, pela sua perspectiva. A resposta corrobora com a literatura, ao

dizer que o tátil é necessário para determinados assuntos e conceitos:

[...] tem coisas [...] que por mais que eles ouçam [...] não vão conseguir entender. Por exemplo, para fazer uma localização geográfica, uma coordenada geográfica, tem que ter o material tátil, [...] senão eles não vão conseguir. “Como assim, como vou seguir os paralelos? Como vou seguir os meridianos?”, [...] eles sabem o que é mas não tem como saber a localização, então eu acho muito importante o material tátil (APÊNDICE A).

Assim, como afirmado pela literatura, pela experiência de sala de aula da professora entrevistada, pelas pessoas das salas de recursos e pelos estudantes, a escolha de pesquisa em mapas táteis para a disciplina de Geografia se dá pelo seu caráter imprescindível no aprendizado de estudantes cegos.

4.4. FASE 3: TESTES COM USUÁRIOS CEGOS

Fase de contato direto com os participantes, o objetivo foi a aplicação das imagens táteis impressas em 3D em testes de compreensão com usuários cegos. Dividida em quatro etapas:

- **Seleção de usuários:** busca e seleção de 10 voluntários cegos para participação nos testes piloto, testes de compreensão e entrevistas semi-estruturadas.

O número de voluntários escolhidos segue o que Given (2008) chama de amostra não probabilística, técnica comum para a escolha de amostra em pesquisas qualitativas, onde o pesquisador usa seu próprio julgamento para a escolha dos participantes. Os voluntários são escolhidos por 1. Conveniência - em locais de fácil acesso; 2. Bola de neve - indicação de participantes através de voluntários já recrutados e; 3. Propósito - participantes que se encaixam nos critérios de seleção definidos pelo pesquisador.

De forma similar, Barbeta (2012) define como amostra por julgamento aquela onde os participantes são escolhidos por serem típicos da população a ser estudada que, neste caso, são pessoas cegas que utilizam imagens táteis no Ensino Médio.

Os locais de busca de voluntários foram a UNINTER, o Centro de Apoio Pedagógico para atendimento às pessoas com deficiência visual (CAP), sedes de Maringá e Curitiba, e a Escola Estadual Dom Pedro II. Com as 10 pessoas cegas selecionadas, 2 pessoas foram recrutadas para o teste piloto, e 8 para o teste final. Os critérios de seleção foram:

- Pessoas cegas, sem distinção entre cegueira congênita ou cegueira adquirida;
- Independente de gênero;

- Com alguma experiência na utilização de imagens táteis (qualquer material ou técnica de fabricação);
- Que possuam algum contexto acerca de mapas;
- Que esteja cursando ou tenha finalizado o Ensino Fundamental ou Médio;
- Independente de idade, desde que atendam os critérios mencionados.
- **Aplicação do piloto:** criação do protocolo de testes e protocolo de entrevista, com posterior aplicação com 2 voluntários cegos, visando a avaliação destes protocolos.
- **Refinamento:** etapa para ajustes no protocolo de testes e no protocolo de entrevista de acordo com o *feedback* recebido no teste piloto.
- **Teste:** aplicação do protocolo de teste de compreensão com 8 voluntários cegos. Foram aplicados individualmente, em local confortável ao usuário, com gravação em vídeo e aplicação da técnica *think aloud*. Realização de entrevista semi-estruturada após finalização do teste.

4.5. FASE 4: CRUZAMENTO E ANÁLISE DOS DADOS

Fase de análise, teve como objetivo a compilação dos dados encontrados nos testes e na revisão e atualização do modelo inicial proposto. Os dados foram analisados de forma qualitativa, que tem como característica a aproximação do contexto e das experiências dos usuários, para a análise de fatores subjetivos (MILES; HUBERMAN; SALDAÑA, 2014). Foi dividida em três etapas, de acordo com a separação de Miles, Huberman e Saldaña (2014):

- **Condensação dos dados:** etapa para a seleção, simplificação, abstração e transformação dos dados brutos (MILES; HUBERMAN; SALDAÑA, 2014). A condensação foi feita a partir das transcrições dos dados dos testes de compreensão, ou seja: transcrição do *think aloud*, observação dos movimentos das mãos na leitura tátil (via vídeo), e transcrição das notas das entrevistas. Para a simplificação dos dados transcritos, foi utilizada a tática de *clustering* (MILES; HUBERMAN; SALDAÑA, 2014), separando os dados em categorias em comuns: dificuldades e problemas encontrados pelos participantes ou pela pesquisadora, pontos positivos da compreensão da imagem, sugestões para a tradução de imagens.
- **Exposição dos dados:** etapa que serviu para a organização e disposição de informações que foram utilizadas para a retirada de conclusões (MILES; HUBERMAN; SALDAÑA, 2014). A exposição dos dados foi feita a partir de quadros e Representações

Gráficas de Síntese (RGSs), para mostrar informações como: características de cada imagem tátil (aspectos físicos e de conteúdo) e quais dificuldades foram encontradas nessas imagens, comparação dos pontos facilitadores da compreensão da imagem com os requisitos do modelo de tradução, quadro de novos requisitos encontrados e suas origens nos testes, entre outros. A escolha pela utilização de RGSs se dá pela sua proposta de complementar informações escritas através de representações simplificadas e pictóricas, obtendo um aprendizado ativo e significativo (PADOVANI, 2012).

- **Conclusões:** etapa para retirada de conclusões a partir dos dados condensados e expostos (MILES; HUBERMAN; SALDAÑA, 2014). Nesta pesquisa, as conclusões partiram da retirada de requisitos dos testes de compreensão e comparação destes com os requisitos propostos no modelo de tradução da fase 1. Esta comparação fez com que requisitos fossem excluídos, revistos ou acrescentados ao modelo, resultando na proposição de um novo modelo de tradução de imagens estáticas bidimensionais em imagens táteis.

4.6. TÉCNICAS DE COLETA DE DADOS

Quatro técnicas de coleta de dados foram aplicadas, nas fases 1, 2 e 3, sendo elas:

- **RBS:**

A RBS foi aplicada na fase 1, baseada na estrutura de Conforto et al. (2011), em três partes - entrada, processamento e saída, sendo subdivididas em:

→ *Entrada:*

- ◆ Definição do problema;
- ◆ Definição de base de dados para a pesquisa;
- ◆ Identificação das palavras-chave;
- ◆ Definição de critérios de inclusão e exclusão de artigos;

→ *Processamento:*

- ◆ Condução das buscas nas bases de dados;
- ◆ Análise dos resultados;
 - Filtro 1 - Leitura do título, resumo e palavras-chave;
 - Filtro 2 - Leitura da introdução e conclusão;
 - Filtro 3 - Leitura completa;

- ◆ Busca nas referências dos artigos selecionados; (adicionado pela autora)
- ◆ Documentação;

→ 3- Saída:

- ◆ Arquivamento dos artigos relevantes;
- ◆ Síntese e resultados;

Como complemento, outras fontes científicas foram incluídas na revisão de literatura, que colaboraram para a construção do referencial teórico e para a criação do modelo de tradução. Estas fontes foram encontradas a partir de pesquisas em bancos de dados com termos específicos, ou por indicações de outros pesquisadores.

- **Teste com designers:**

O teste com designers teve como objetivo a avaliação do modelo de tradução proposto através da literatura, encontrar problemas em seu uso e coletar sugestões de melhorias para a nova versão do modelo. Cada teste foi realizado individualmente. O local de aplicação foi acordado com cada voluntário e a coleta de dados foi realizada através de gravação de áudio e entrevista semi-estruturada.

→ *Entrevista semi-estruturada:*

A entrevista semi-estruturada possui características tanto das entrevistas estruturadas quanto das não estruturadas, e assim, utilizam perguntas fechadas e abertas (PREECE; ROGERS; SHARP, 2013). Essa modalidade foi escolhida pela liberdade de ir além das perguntas pré-planejadas, conduzindo a entrevista com novas perguntas de acordo com o contexto. Neste contexto, a entrevista foi necessária para coletar informações não evidenciadas durante o teste.

- **Definição da disciplina de Geografia**

Aqui, entrevistas semi-estruturadas foram utilizadas para coletar dados sobre o uso de imagens táteis na disciplina de Geografia. As entrevistas foram realizadas individualmente.

- **Teste de compreensão:**

O teste de compreensão serviu como forma de aplicar as imagens táteis impressas em 3D resultantes do modelo de tradução, e analisar como os usuários cegos interagiram e compreenderam as imagens táteis. O local de aplicação foi acordado com cada voluntário individualmente. Para o auxílio da coleta de dados, a gravação em vídeo e áudio foi utilizada, assim como a aplicação da técnica de *think aloud*. Ao final do teste, foi aplicada uma entrevista semi-estruturada.

→ *Gravação em vídeo:*

Para Preece, Rogers e Sharp (2013), as gravações são uma das formas de coletar dados para técnicas que não são auto documentadas, e as abordagens mais comuns são: realizar anotações, gravar áudio, tirar fotografias ou gravar vídeo. Como forma de documentar tanto a verbalização do voluntário cego quanto a interação tátil com a imagem impressa em 3D, a decisão tomada foi pela gravação em vídeo e áudio. Como Preece, Rogers e Sharp (2013) tomam nota, é necessário um planejamento para que o vídeo não seja intrusivo ao usuário. Para isso, a câmera foi fixada para gravar apenas a interação das mãos com a imagem tátil.

→ *Think aloud:*

Esta técnica foi desenvolvida por Erikson e Simon, em 1985, como forma de examinar como estratégias de resolução de problemas (PREECE; ROGERS; SHARP, 2013). “A técnica requer que as pessoas digam em voz alta tudo o que estão pensando e tentando fazer, para que seus processos de pensamento sejam externalizados” (PREECE; ROGERS; SHARP, 2013, p. 256). Nesta pesquisa, o *think aloud* serviu como complemento à gravação de vídeo e áudio, sendo possível observar aspectos subjetivos do planejamento individual para a leitura das imagens táteis.

→ *Entrevista semi-estruturada:*

Neste contexto, a entrevista semi-estruturada foi realizada com o objetivo de explorar informações não reveladas na verbalização durante o teste. A entrevista foi realizada individualmente, após o teste com as imagens táteis, e abordou temas como avaliação dos elementos (leiaute, 3D, peso, textura), facilidades e dificuldades na compreensão das imagens, e sugestões de melhoria.

4.7. SÍNTESE DO CAPÍTULO

A pesquisa possui natureza aplicada, objetivo descritivo, abordagem qualitativa e utiliza dois procedimentos: revisão bibliográfica e pesquisa de campo. Dividiu-se em quatro fases: 1. Modelo de tradução; 2. Tradução tátil e impressão 3D; 3. Testes com usuários cegos e 4. Cruzamento e análise de dados.

A fase 1, modelo de tradução, teve como objetivo a criação do modelo de tradução, composto por recomendações e requisitos encontrados na literatura, e testagem com o potencial público-alvo (designers). Composta por 4 etapas: Revisão bibliográfica (RBS e outras obras científicas), tabulação dos dados, proposição do modelo de tradução e testagem com designers (utilizando gravação em áudio e entrevista semi-estruturada).

Já a fase 2, tradução tátil e impressão 3D, teve como objetivo a aplicação do modelo proposto em imagens estáticas retiradas de um repositório online de objetos de aprendizagem, modelagem digital e posterior impressão 3D. Foi composta por 5 etapas: definição de uma disciplina como foco (Geografia), coleta das imagens estáticas bidimensionais (4 imagens de mapas de acordo com Engelhardt [2002]), aplicação do modelo proposto, modelagem digital e impressão 3D.

A fase 3, testes com usuários cegos, teve como objetivo a aplicação das imagens táteis impressas em 3D em testes de compreensão com usuários cegos. Composta por 4 etapas: seleção de usuários (10 voluntários cegos), aplicação de piloto com 2 voluntários, refinamento do protocolo de testes e novo teste (8 voluntários, utilizando *think aloud*, entrevista demi-estruturada, gravação em áudio e vídeo).

Por fim, a fase 4, cruzamento e análise dos dados, teve como objetivo a compilação dos dados encontrados nos testes e atualização do modelo inicial proposto. Composta por 3 etapas: condensação dos dados (transcrição dos dados pela técnica de *clustering*), exposição dos dados (por quadros e RGSs), e conclusões (com a criação de novas recomendações e atualização do modelo de tradução).

5. MODELO DE TRADUÇÃO E IMPRESSÃO 3D

Este capítulo descreve a realização e os resultados do modelo de tradução e impressão 3D das imagens táteis. Os subtópicos de revisão bibliográfica sistemática, proposição do modelo e teste com designers remetem à **fase 1** desta pesquisa - modelo de tradução. Já os subtópicos de coleta e seleção de imagens estáticas bidimensionais, aplicação do modelo de tradução e modelagem e impressão 3D remetem à **fase 2** - tradução tátil e impressão 3D. De forma geral, as fases 1 e 2 buscam alcançar, parcialmente, os objetivos específicos: ***definir requisitos para a tradução de imagens estáticas em imagens táteis***; e ***validar a aplicabilidade do modelo de tradução com designers e cegos***.

5.1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

A revisão bibliográfica da literatura sobre imagens táteis, impressão 3D e objetos de aprendizagem foi essencial para o planejamento e criação do modelo de tradução. Através da Revisão Bibliográfica Sistemática e revisão de obras complementares, foi possível entender o estado da arte e selecionar recomendações para a tradução de imagens estáticas em imagens táteis. Essas recomendações se localizam no subtópico 3.4.2, enquanto a descrição da RBS se encontra a seguir.

A RBS (APÊNDICE B) foi realizada em 8 bases de dados, em português e inglês, tendo 11 palavras-chave em cada idioma, critérios de inclusão/exclusão, e 3 filtros de leitura.

Ao final do filtro 3, 17 obras foram consideradas importantes e relevantes para uso na pesquisa. Sucedeu-se uma busca nas referências dessas obras, para a descoberta de mais 5 obras consideradas relevantes para a pesquisa. Ao total, 22 obras resultaram da RBS, divididas entre artigos, dissertações e teses, descritos no quadro 6.

QUADRO 6 - Obras resultantes da RBS.

Nome	Autores	Ano	
Premissas de criação de imagens em relevo em objetos de aprendizagem para cegos	ADAM, D. L.	2015	Dissertação
Fotografia Tátil: Desenvolvimento de modelos táteis a partir de fotografias com a utilização de impressora 3d	ARAUJO, M. D. X.; SANTOS, D. M.	2015	Artigo
Investigating the Implications of 3D Printing in Special Education	BUEHLER, E. et al.	2016	Artigo

Tactile scale models: Three-dimensional infographics for space orientation of the blind and visually impaired	CELANI, G.; MILAN, L. F.	2006	Artigo
A impressão 3D contribuindo em projetos de design da informação	CHICCA JUNIOR, N.; CASTILLO, L. G.; COUTINHO, S. G.	2015	Artigo
De olho na tela: requisitos de acessibilidade em objetos de aprendizagem para alunos cegos e com limitação visual	DIAS, C. O.	2010	Dissertação
A aprendizagem de geometria por alunos cegos	FLORES, Â. et al.	2015	Artigo
A acessibilidade dos objetos educacionais de Física: possibilidades para pessoas com deficiência visual	GRÉGIO, L. F.	2011	Dissertação
3D Printing Technology: A Unique Way of Making Hubble Space Telescope Images Accessible to Non-Visual Learners.	GRICE, N. et al.	2015	Artigo
Impressão 3D: "lendo" imagens através do tato. um recurso a mais para estudantes com deficiência visual	GRUENWALD, L.	2014	Artigo
Improving tactile map usability through 3D printing techniques: An experiment with new tactile symbols	GUAL-ORTI, J.; PUYELO-CAZORLA, M.; LLOVERAS-MACIA, J.	2015	Artigo
Three-dimensional tactile symbols produced by 3D Printing: Improving the process of memorizing a tactile map key	GUAL-ORTI, J.; PUYELO-CAZORLA, M.; LLOVERAS-MACIA, J.	2014	Artigo
Toward 3D-Printed movable tactile pictures for children with visual impairments	KIM, J.; YEH, T.	2015	Artigo
Diretrizes para criação de objetos de aprendizagem acessíveis	MACEDO, C. M. S.	2010	Tese
The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology	MCMENAMIN, P. G. et al.	2014	Artigo
Drawing, virtual modeling and 3D print in the production of didactic models for the teaching-learning of visually impaired students : case study of nanostructured systems	POHLMANN, M. et al.	2015	Artigo
A comparison of three materials used for tactile symbols to communicate colour to children and young people with visual impairments	RAMSAMY-IRANAH, S. et al.	2016	Artigo
'Ver com as mãos': a tecnologia 3D como	SOBRAL, J. E. C.; CAVALCANTI, A.	2015	Artigo

recurso educativo para pessoas cegas	L. M. S.; EVERLING, M. T.		
Ambientes virtuais acessíveis sob a perspectiva de usuários com limitação visual	SONZA, A. P.	2008	Tese
A percepção do espaço tridimensional e sua representação bidimensional: a geometria ao alcance das pessoas com deficiência visual em comunidades virtuais de aprendizagem	TAKIMOTO, T.	2014	Dissertação
Imagens que comunicam aos dedos: a fabricação de desenhos táteis para pessoas cegas	VALENTE, D.	2008	Artigo
Os diferentes dispositivos de fabricação de imagens e ilustrações táteis e as possibilidades de produção de sentido no contexto perceptivo dos cegos	VALENTE, D.	2009	Artigo

FONTE: a autora (2018).

Como observado no quadro 6, ao total de 22 obras, 16 são artigos acadêmicos, 4 são dissertações de mestrado e 2 são teses de doutorado. Nota-se que 15 obras - cerca de 70% do total - foram publicadas a partir de 2014, indicando um crescimento de interesse e pesquisa pelos temas abordados nesta dissertação.

Como descrito anteriormente, a partir da tabulação dos dados oriundos da revisão bibliográfica, recomendações sobre planejamento e tradução de imagens táteis foram selecionadas e, seguindo-se adiante, essas recomendações serviram como o conteúdo base para o modelo de tradução inicial, que será relatado no tópico seguinte.

5.2. PROPOSIÇÃO DO MODELO

O modelo de tradução foi proposto a partir da união das recomendações e requisitos de tradução para imagens táteis (retiradas da literatura), do *framework* de análise gráfica de Engelhardt (2002), um fluxograma de decisão proposto por BANA (2011), exemplos de linhas e texturas também propostos por BANA (2011) e um checklist para revisão.

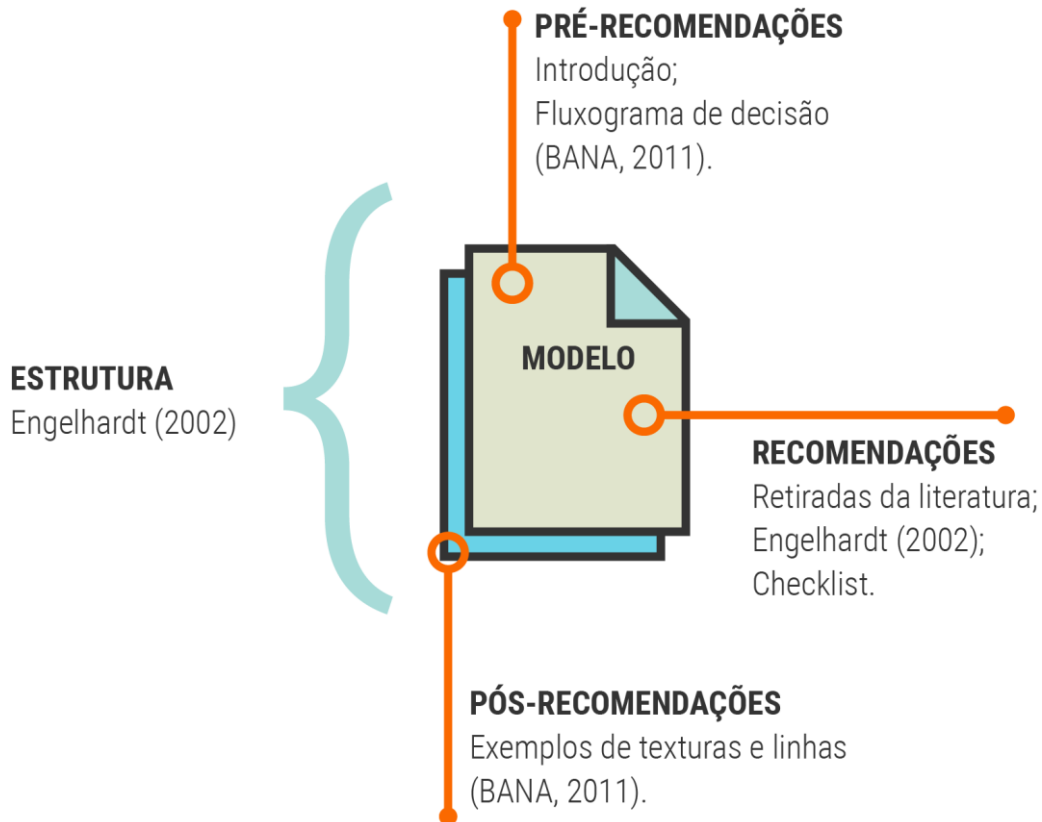
O modelo aqui proposto juntou esses materiais idealizando ser um documento de fácil manuseio e aprendizagem para o usuário do modelo de tradução (possivelmente designers), entregando recomendações de tradução para imagens táteis em uma estrutura linear (introdução, decisão da tradução, recomendações, checklist e apêndices).

A figura 32 ilustra a composição desses elementos na proposição do modelo.

FIGURA 32 - Composição do modelo de tradução.

COMPOSIÇÃO DO MODELO DE TRADUÇÃO

(*versão inicial - teórica*)



FONTE: a autora (2018).

As recomendações da literatura, como mencionado anteriormente, foram tabuladas e estão expostas em 4 grupos no subtópico 3.4.2: variáveis táteis; composição da imagem tátil; simplificação e; aspectos físicos da imagem e usuários.

Já para a estrutura do modelo e classificação da representação gráfica, o autor Engelhardt (2002) e seu *framework* de análise gráfica foi adotado. Originalmente, o *framework* do autor utiliza diferentes aspectos para analisar a sintaxe de uma imagem estática. Como fins de simplificação, 4 grandes níveis de análise podem ser identificados: representação gráfica, objetos gráficos, estrutura espacial e correspondência.

Dentre os níveis de análise que o autor propõe para uma imagem, 3 deles foram empregados: 1. Representação gráfica; 2. Objetos gráficos e; 3. Estrutura espacial. O quadro 7 identifica a relação entre os níveis utilizados no *framework* e no modelo de tradução.

QUADRO 7 - Relação entre os níveis de Engelhardt (2002) e o modelo de tradução.

Engelhardt (2002)	Modelo de tradução
Representação gráfica - tipo de representação gráfica, sendo ela primária ou híbrida (mapas, figuras, gráficos, etc.).	Aqui, mantém-se a nomenclatura de representações gráficas, e acrescenta-se informações sobre impressão 3D e elementos gráficos a serem traduzidos.
Objetos gráficos - atributos dos objetos constituintes da imagem (variáveis), assim como funções informacionais ou sintáticas.	Neste nível, atribui-se recomendações sobre simplificação de objetos da imagem e informações táteis sobre objetos (ponto, linha, texturas, etc.).
Estrutura espacial - relações entre objetos gráficos e o seu espaço significativo na imagem.	Atribui-se nesse nível as recomendações sobre localização de elementos na imagem tátil, medidas, conjunto de imagens e pós-processamento da imagem tátil.
Correspondência - tipo de relação entre o que se mostra e seu significado (literal, metafórico, metonímico, etc.).	Não foi utilizado, pois não atribui-se ao modelo verificar o significado da imagem.

FONTE: a autora (2018).

Desta forma, as recomendações puderam ser redistribuídas de acordo com a sua natureza, seguindo os 3 níveis de análise. Como elemento inicial e em adição aos 3 níveis, o fluxograma apresentado por BANA (2011) foi incorporado. Já os exemplos de texturas e linhas, foram incluídos após os 3 níveis de análise (fluxograma e exemplos expostos no subcapítulo 3.4). Por fim, como síntese do modelo de tradução e unidade de checagem, um *checklist* foi adicionado para que o usuário pudesse conferir a tradução.

Já com todas as informações necessárias, o modelo de tradução foi diagramado como um documento PDF (*Portable Document Format*), contendo 6 páginas A4, todas em preto e branco, com o intuito de ser impresso a baixo custo. Em seguida, apresentam-se todas as páginas. Primeiramente, a figura 33 ilustra a primeira página.

FIGURA 33 - Primeira página do modelo de tradução - versão inicial.

Modelo de tradução | Imagens estáticas 2D em imagens táteis 3D

Este modelo visa o auxílio na tradução de imagens estáticas bidimensionais em imagens táteis tridimensionais. O propósito do uso do modelo é garantir que o aluno cego tenha acesso ao mesmo material didático disponível para alunos videntes.

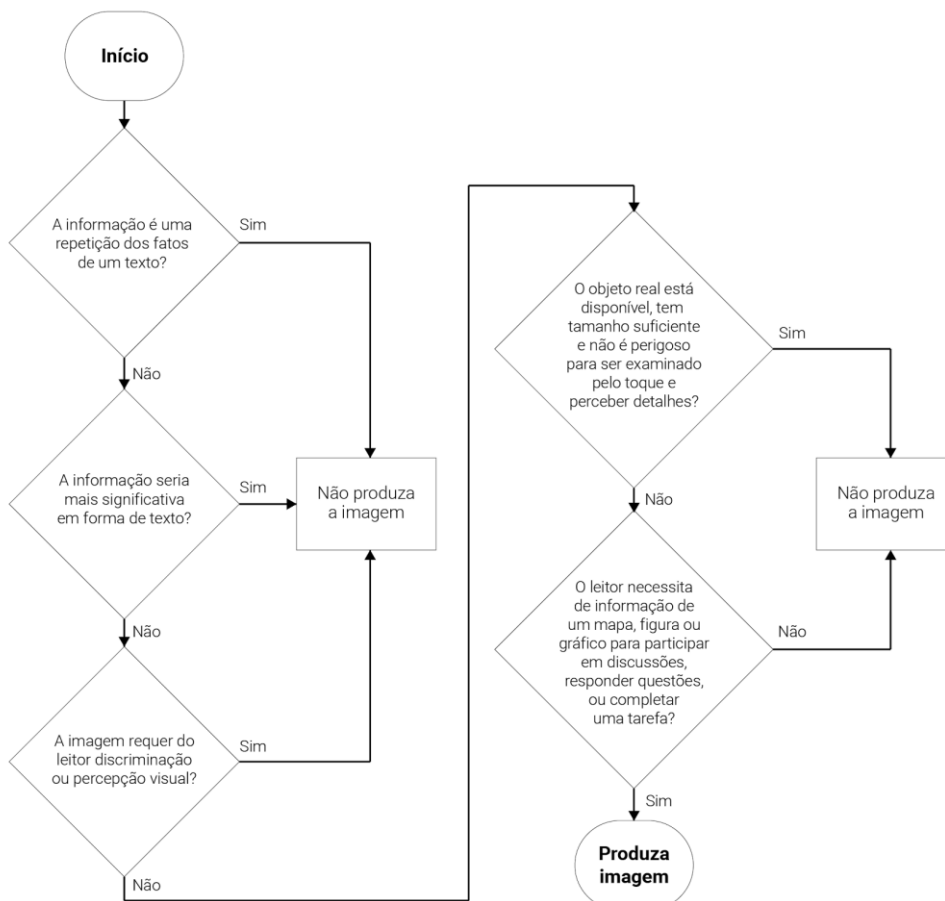
Assim, o mesmo está dividido em 3 níveis, sendo:

Nível 1 - Representação gráfica: descrição geral a imagem, bem como listagem de elementos a serem traduzidos e recursos disponíveis para a impressão da imagem tátil.

Nível 2 - Objetos gráficos: tradução das variáveis táteis da imagem - ponto, linha, área e volume.

Nível 3 - Estrutura espacial: composição de elementos na imagem tátil, como posição e escala.

Como primeiro passo, verifique através do fluxograma abaixo a necessidade de tradução da imagem. Em caso positivo, siga este modelo como rota para uma tradução tátil.



Fonte: Baseado em BANA (2011)

FONTE: a autora (2018).

A primeira página apresenta uma breve introdução do objetivo do modelo de tradução, e apresenta seus 3 níveis. Além disso, conta também com um fluxograma de decisão, que visa auxiliar o usuário a decidir se é necessária ou não a tradução tátil da imagem estática. Em caso positivo, segue-se para a próxima página, apresentada pela figura 34.

FIGURA 34 - Segunda página do modelo de tradução - versão inicial.

Nível 1: Representação gráfica

Nome e descrição da figura:

Fonte: _____ **Série escolar:** _____

Tipo de representação gráfica: *Selecione uma opção.*

Primário Mapa Gráfico de tempo Tabela
 Figura Diagrama de ligações Símbolo
 Gráfico estatístico Diagrama de agrupamento Texto

Híbrido Mapa estatístico Gráfico estatístico de tempo
 Mapa de rotas Diagrama estatístico de ligações
 Mapa estatístico de rotas Diagrama de ligações cronológico

Quantos assuntos são abordados na imagem estática 2D? *Selecione uma opção.*

1 2 3 ou mais

Recomenda-se a produção de 1 imagem tátil.
 Recomenda-se a divisão em 2 ou mais imagens táteis.

Exemplo: mapa apresenta população e altitude em uma mesma imagem (2 assuntos)

Se necessário, um assunto complexo pode ser dividido em imagens diferentes.

Dentre os recursos necessários, quais são os disponíveis? *Selecione quantas opções forem necessárias.*

Verba Local para uso das imagens táteis Computador
 Impressora 3D Local para armazenamento do modelo digital Outros. Quais? _____
 Modeladores digitais Local para armazenamento do modelo físico _____

A impressora 3D que será utilizada possui limitações? *Selecione quantas opções forem necessárias.*

Tamanho máximo de impressão: _____ Outras. Quais? _____
 Material disponível para uso: _____
 Necessidade de pós-processamento _____

Quais os elementos da imagem a serem traduzidos?

Pontos Símbolos Título
 Linhas Flechas Escala
 Áreas Rótulos (nomes) Norte geográfico
 Outros. Quais? _____

FONTE: a autora (2018).

A segunda página dedica-se ao primeiro nível de análise, a Representação gráfica. Aqui, informações são preenchidas de forma pragmática, como por exemplo, nome e descrição da imagem, fonte, nível escolar, tipo de representação gráfica e mesmo sobre recursos disponíveis para a tradução

e impressão 3D. A partir disso, passa-se para a terceira página (FIGURA 35).

FIGURA 35 - Terceira página do modelo de tradução - versão inicial.

Nível 2: Objetos gráficos

Os elementos abaixo, em geral, podem ser simplificados. Quais desses existem na imagem?

- Bordas decorativas : Excluir bordas, exceto por bordas de referência.
- Itens decorativos : Devem ser excluídos das imagens táteis.
- Áreas ou itens pequenos : Excluir, substituir por Braille, ou elevar a área.
- Áreas similares próximas uma das outras : Agrupar em uma área só.

Mantenha apenas os detalhes essenciais que dão sentido para a imagem.

Exemplo 1: uma borda decorativa que não possui relação direta com a imagem deve ser excluída.

Exemplo 2: em um mapa, pequenas ilhas, cidades menores ou rios poderão ser excluídos ou transformados em uma só área na imagem tátil.

Quais dos elementos abaixo serão utilizados na imagem tátil?

- Pontos : O tamanho mínimo do ponto é de 6 mm. O máximo é de 13 mm. Em geral, usa-se até 5 estilos de pontos e símbolos.
- Símbolos : Símbolos devem ter tamanho mínimo de 10x10 mm, feitos por contorno ou formas sólidas. Utilizar diferentes orientações de forma para diferenciar o grupo de símbolos.
- Formas geométricas : Formas geométricas básicas (quadrado, círculo, retângulo) podem ser combinadas com formas de maior complexidade, como símbolos. Podem ser 2D ou 3D.
- Linhas : O tamanho mínimo do comprimento da linha é de 12,5 mm. Em geral, usa-se até 5 estilos de linha.
- Linhas tracejadas : Linha tracejada apresenta entre 6 mm até 10 mm de tracejado, com pelo menos metade do tamanho de espaço entre traços.
- Flechas : Flechas são representadas com um triângulo fechado ou ponta de flecha aberta.
- Áreas : A área mínima é de 6 mm². Pequenas áreas são elevadas além das outras áreas para indicar destaque. Áreas podem ser representadas por texturas.
- Texturas : Em geral, usa-se até 5 texturas por imagem.

Verificar exemplos de texturas, linhas e flechas ao final do documento.

Há elementos iguais na mesma imagem? Sim Não

Se **sim**, utilizar até 3 tamanhos distintos para elementos, se for necessário diferenciá-los.

Serão utilizados elementos tridimensionais na imagem tátil? Sim Não

Se **sim**, combinar elementos de ponto, linha e textura com informações tridimensionais (volume) na imagem tátil.

FONTE: a autora (2018).

Já a terceira página é dedicada ao segundo nível de análise, Objetos gráficos. Aqui, o usuário responde perguntas acerca dos elementos a serem simplificados, sobre elementos tridimensionais e também sobre elementos táteis básicos, como pontos, linhas e texturas. Adiante, a quarta página do modelo (FIGURA 36).

FIGURA 36 - Quarta página do modelo de tradução - versão inicial.

Nível 3: Estrutura espacial

O tamanho da imagem tátil precisa ser definido? Sim Não

Se **sim**, o tamanho médio de uma imagem tátil é de 280x290 mm, mas pode variar de acordo com a clareza, nível de detalhes e o objetivo de cada imagem.

A imagem tem como objetivo apresentar medidas exatas de algum artefato? Sim Não

Se **sim**, evite fazer mudanças de leiaute, forma ou posição dos elementos.

Quais dos elementos abaixo serão utilizados na imagem tátil?

Norte geográfico : O norte geográfico fica localizado no canto superior esquerdo na imagem tátil.

Escala : A escala fica localizada no canto superior esquerdo na imagem tátil. Quando uma imagem 2D contém escala, aumentar a escala proporcionalmente para o tátil, se necessário.

Título : O título fica localizado no canto superior esquerdo na imagem tátil.

Profundidade/elevação : Utilize elementos 3D ao invés de camadas.

Rótulos (nomes) : São apresentados entre 3 e 6 mm de distância do componente, ou acompanham linha de 20 mm até o componente a ser rotulado.
Manter 3 mm de margem entre um rótulo e uma textura.

Há informações secundárias que não estão na imagem mas são essenciais para a compreensão? Sim Não

Se **sim**, informações secundárias podem ser incluídas como pequenos textos adjacentes, assim como notas de tradução.

A imagem 2D foi dividida em 2 ou mais imagens táteis? Sim Não

Se **sim**, crie uma imagem tátil simplificada representando a totalidade.

Será feito um conjunto de imagens táteis? Sim Não

Se **sim**, definir leiaute para o conjunto de imagens táteis.
Manter a mesma escala para o conjunto de imagens táteis, além de manter consistência nos elementos.
Se necessário, criar uma imagem tátil que faça a relação entre o conjunto todo.

Exemplo: imagens de uma mesma aula formam um conjunto.

A impressora 3D a ser utilizada requer pós-processamento? Sim Não

Se **sim**, utilize pós-processamento para que a impressão não fique áspera ou muito lisa.

FONTE: a autora (2018).

Esta página aborda o último nível de análise, a de Estrutura espacial. Aqui, o usuário responde questões relacionadas ao espaço gráfico e tátil da imagem, como tamanho, localização de elementos (norte geográfico, título e escala, por exemplo), sobre conjunto de imagens táteis e também sobre o pós-processamento da imagem tátil após a impressão 3D. Finalizando o terceiro nível, a próxima página apresenta o Checklist (FIGURA 37).

FIGURA 37 - Quinta página do modelo de tradução - versão inicial.

Checklist final

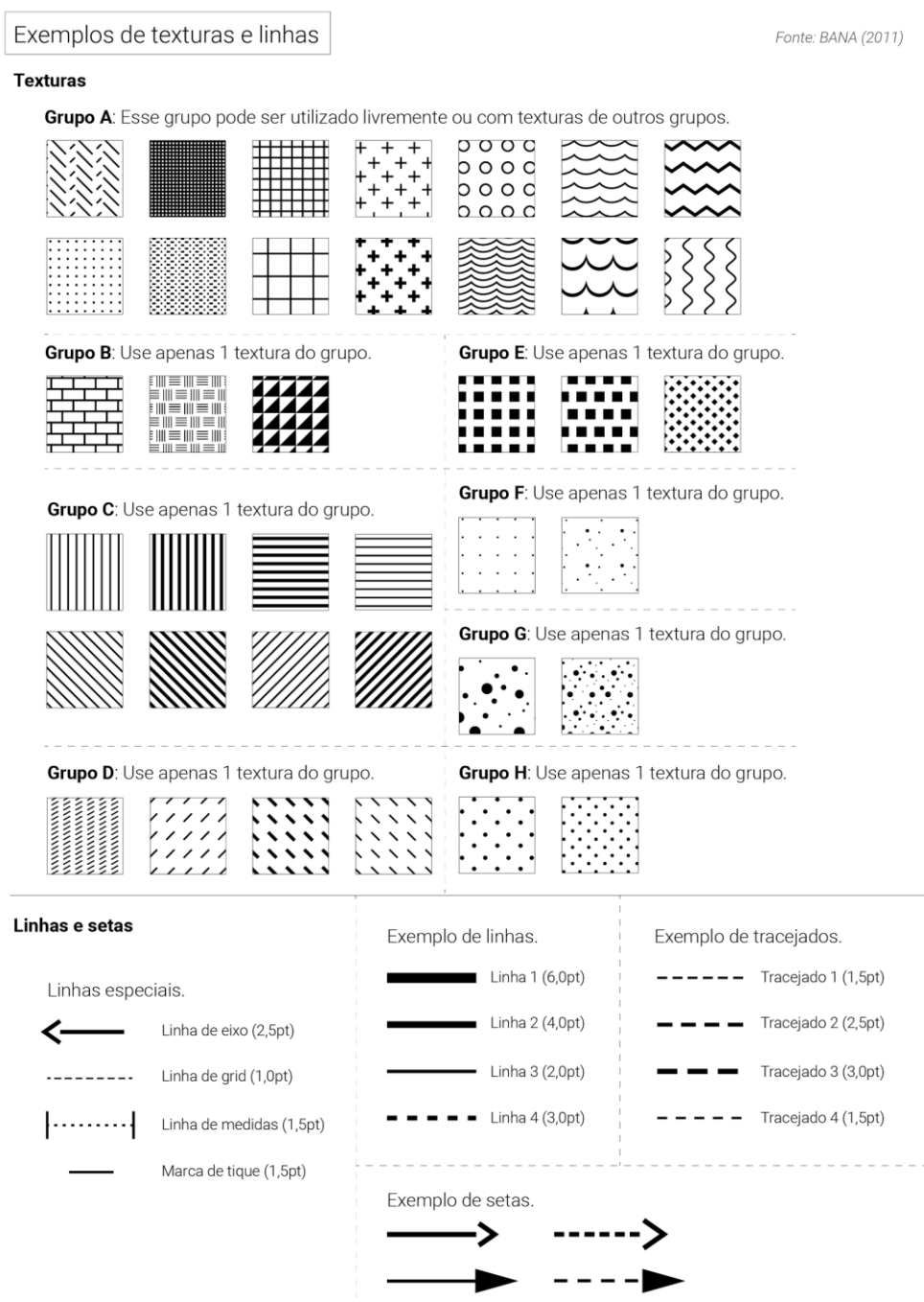
Faça a revisão da imagem tátil antes de enviar para a impressão 3D.

- A imagem tátil aborda no máximo 2 assuntos distintos.
 - Todos os recursos necessários para a impressão 3D estão disponíveis.
 - A imagem tátil respeita as limitações da impressora 3D.
 - Todos os elementos necessários foram traduzidos para a imagem tátil.
 - Elementos não essenciais foram simplificados.
 - Elementos tridimensionais estão combinados com pontos, linhas, áreas e texturas.
 - Um leiaute foi definido para a imagem tátil.
 - Os rótulos (nomes) foram traduzidos para o Braille.
 - Textos ou notas secundárias estão definidas e traduzidas para o Braille.
 - A imagem tátil simplificada, que representa a totalidade de um conjunto, foi criada.
 - A imagem tátil respeita números máximos de pontos, linhas e texturas.
 - A imagem tátil respeita tamanhos mínimos e máximos dos elementos.
-

FONTE: a autora (2018).

No Checklist, retomam-se as principais questões abordadas durante o modelo, com o intuito de que o usuário verifique se o arquivo digital está de acordo com as recomendações de tradução. Finalizando, a última página apresenta exemplo de texturas e linhas (FIGURA 38).

FIGURA 38 - Sexta página do modelo de tradução - versão inicial.



FONTE: a autora (2018) baseado em BANA (2011).

A última página serve como um guia ao usuário do modelo, pois indica grupos de texturas a serem usadas, bem como estilos de linhas e setas.

Ressalta-se que, esse modelo provém unicamente de informações retiradas de obras bibliográficas e científicas e, como parte da pesquisa, foi testado e modificado ao longo do tempo. Sendo

assim, este modelo apresentado trata-se de uma primeira versão do mesmo, que para uma maior precisão foi testado com designers (e modificado conforme necessidade, gerando uma segunda versão). A seguir, passou por um teste de compreensão com usuários fim, assim, o modelo foi atualizado para uma terceira versão (final), incluindo novas recomendações obtidas dos resultados dos testes.

5.3. TESTE COM DESIGNERS

Com o modelo de tradução proposto através de base teórica, havia a necessidade de testá-lo com potenciais usuários, antes da validação com cegos. Desta maneira, 3 designers foram selecionados como voluntários para o teste, que tinha como objetivo verificar possíveis falhas, dificuldades na utilização ou mesmo apurar sugestões para a atualização do modelo.

O principal requisito na escolha dos designers foi o conhecimento prévio de pelo menos um *software* de modelagem digital, não sendo necessário nenhum conhecimento sobre imagens táteis ou como traduzi-las. Dos voluntários, dois são profissionais formados em design de produto, e outro um estudante de graduação em design generalista.

O teste consistia em traduzir e modelar um mapa do Brasil, representando os climas brasileiros (FIGURA 39), retirado do repositório Dia a Dia Educação, utilizando o modelo de tradução impresso.

FIGURA 39 - Mapa dos climas brasileiros.



FONTE: SEED (2017).

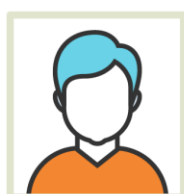
A descrição do mapa, de acordo com o repositório, é:

O clima de uma região é representado pelo conjunto estatístico de suas condições durante um intervalo específico de tempo. Essas condições geralmente incluem a temperatura, precipitação e umidade. O Mapa de Climas do Brasil apresenta as divisões climáticas do país de acordo com a temperatura média e a quantidade de meses secos. O mapa abaixo traz a classificação segundo o IBGE (SEED, 2017).

Em linhas gerais, os designers foram apresentados ao objetivo da pesquisa e do teste, assim como ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), disponível no apêndice C; em seguida, tomaram conhecimento do modelo de tradução e da imagem a ser modelada; preencheram o modelo e realizaram modelagem em *software* de preferência, enquanto verbalizavam a estratégia utilizada ou dificuldades. Ao final, seis perguntas foram feitas aos designers, com o intuito de localizar outras informações pertinentes à pesquisa. O protocolo completo do teste encontra-se no apêndice D.

Interessante notar que, apesar do modelo de tradução ser o mesmo, diferentes estratégias de modelagem e interpretações foram feitas, assim como a dificuldade sentida no uso do modelo foi distinta a cada designer (FIGURA 40).

FIGURA 40 - *Softwares* utilizados, estratégia e dificuldade dos testes pelos designers.



Designer 1 (D1)

Softwares: Blender e Photoshop;

Estratégia: técnica de *heightmap* + elementos adicionais [legenda, título, norte geográfico];

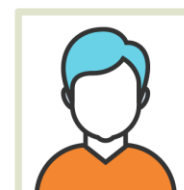
Dificuldade no uso do modelo (0 - 10): 3.

Designer 2 (D2)

Software: Rhinoceros 4.0;

Estratégia: contorno e simplificação, adição de texturas + extrusão de linhas;

Dificuldade no uso do modelo (0 - 10): 7.



Designer 3 (D3)

Software: Rhinoceros 4.0;

Estratégia: contorno e simplificação, adição de texturas + extrusão de áreas;

Dificuldade no uso do modelo (0 - 10): 1.

FONTE: a autora (2018).

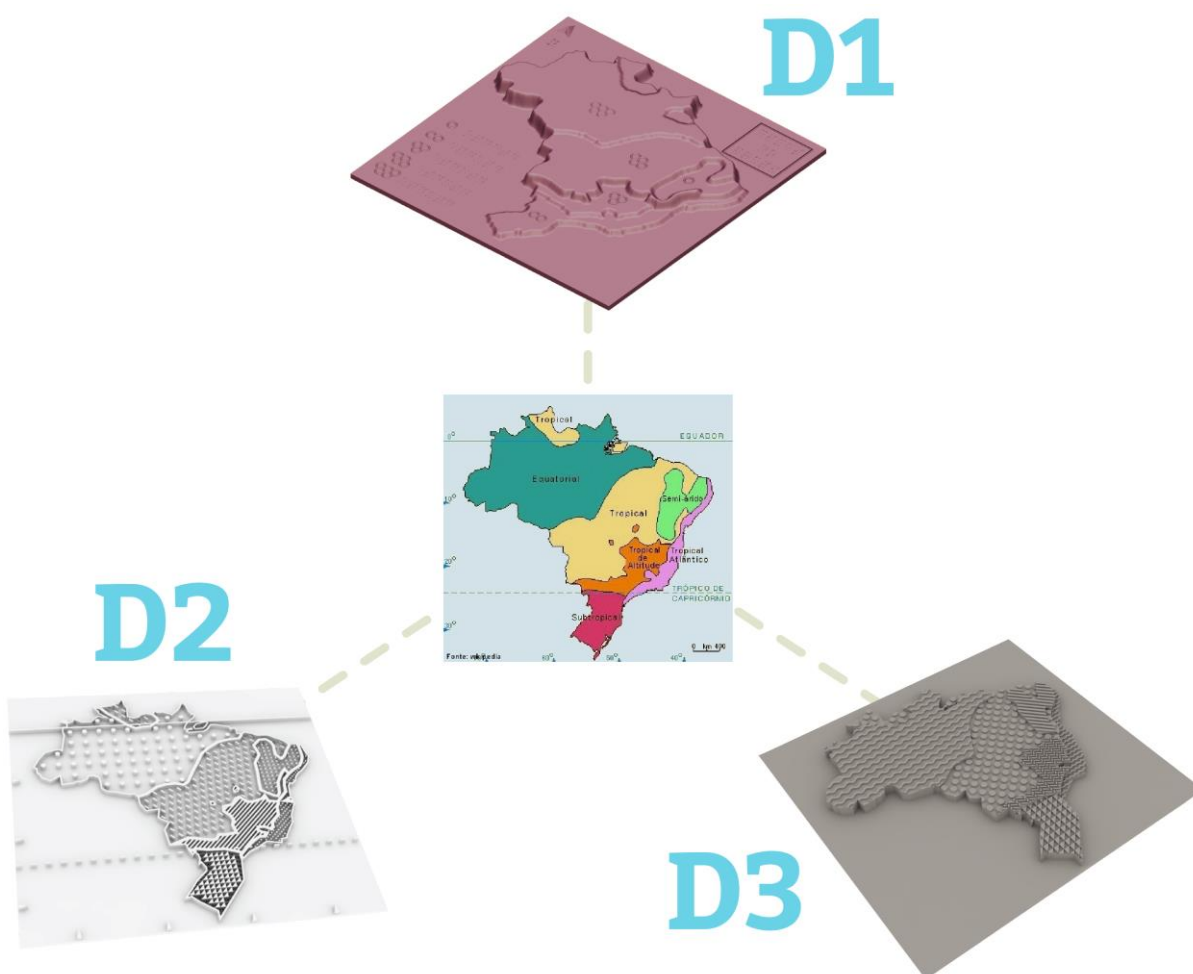
O teste com o Designer 1 (D1) ocorreu da seguinte forma: após a explicação inicial, D1 preencheu o modelo parcialmente, deixando o *checklist* e uma questão do Nível 2 para preenchimento posterior, após a modelagem. Decidiu que a estratégia de modelagem 3D seria transformar a imagem estática colorida para escala de cinza, sendo que, a partir desta imagem, utilizaria a técnica de *heightmap* no *software* Blender, acrescentando também elementos como legenda, título e norte geográfico. Esta técnica consiste em transformar uma imagem escala de cinza em elevações tridimensionais (cor branca = nenhuma elevação; cor preta = elevação máxima; cinzas = elevações intermediárias). Quando perguntado da dificuldade de uso do modelo, respondeu 3 (sendo 0 nenhuma dificuldade e 10, muita dificuldade).

Já o teste com o Designer 2 (D2) ocorreu da seguinte maneira: de forma similar ao D1, preencheu de modo parcial o modelo, deixando o *checklist* para após a modelagem. Como estratégia, decidiu utilizar contornos em linha, simplificação de elementos e texturas. Quando perguntado sobre a dificuldade no uso do modelo, respondeu 7, pois teve dúvidas sobre sua efetividade na modelagem.

Por fim, o teste com a Designer 3 (D3), ocorreu da seguinte forma: preencheu o modelo antes da modelagem, deixando o *checklist* para o final da modelagem. Em comentário, disse ter decidido em uma estratégia, mas que ela poderia mudar durante o trabalho, por isso, voltaria a consultar o modelo. A estratégia escolhida foi a de utilizar simplificação e elevações distintas combinadas com texturas. Quanto à dificuldade de uso do modelo, respondeu 1, achou a utilização fácil.

Os 3 resultados se encontram na figura 41. Ressalta-se que, não havia resposta correta ou ideal a ser seguida e que todos os designers conseguiram finalizar a tarefa proposta.

FIGURA 41 - Resultado dos testes com designers.



FONTE: a autora (2018).

Quanto às dificuldades e problemas encontrados pelos designers, após a análise e compilação dos dados dos testes, é possível citar:

- Confusão com algumas perguntas no modelo (por exemplo, dificuldade em decidir quantos assuntos a imagem estática tratava, se poderiam marcar mais de uma opção em certas perguntas, sobre o significado de certas palavras);
- Falta de recomendações no modelo sobre a criação de célula Braille, como tamanho e elevação;
- Falta de recomendações sobre legendas;
- Necessidade de exemplos visuais de como se configura uma imagem tátil e exemplos de imagens estáticas traduzidas;
- Necessidade de melhores recomendações sobre suavização de curvas;
- Necessidade de melhores recomendações sobre o tamanho da imagem tátil;
- Dúvida se poderia usar ou não o modelo durante a modelagem digital.

Consequentemente, através dos dados, as mesmas dificuldades tornaram-se sugestões de melhoria do modelo, sendo:

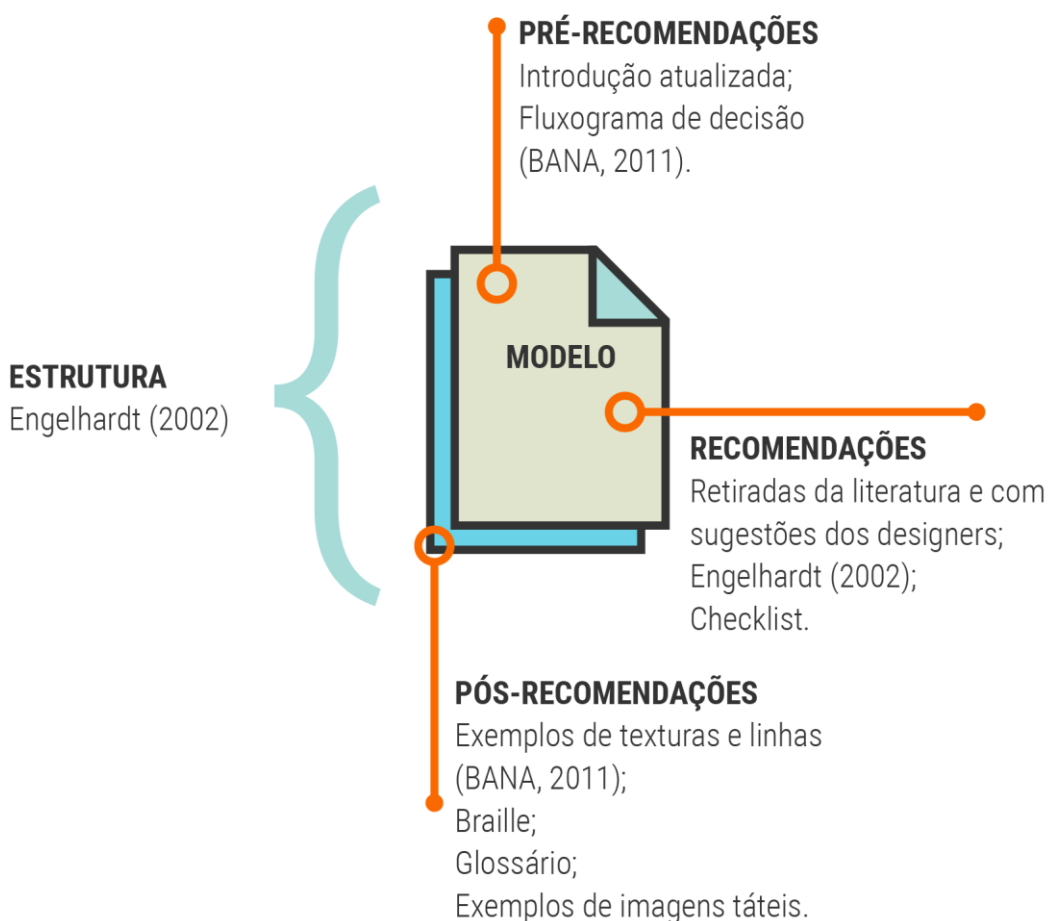
- Revisão de como as perguntas estavam configuradas, assim como revisão do texto inicial (contextualização);
- Inclusão de “selecione quantas opções forem necessárias” em perguntas com respostas múltiplas;
- Inclusão de glossário de palavras;
- Inclusão de recomendações sobre Braille, legendas, suavização de curvas e tamanho da imagem tátil;
- Inclusão de exemplos de imagens estáticas traduzidas para a imagem tátil e outros exemplos de imagens táteis.

Com a atualização do modelo de tradução com as informações coletadas dos testes com os designers, esse estava pronto para a utilização na tradução das imagens estáticas do teste de compreensão. O modelo atualizado em sua segunda versão pode ser encontrado no apêndice E, sendo sua composição ilustrada na figura 42.

FIGURA 42 - Composição do modelo em sua segunda versão.

COMPOSIÇÃO DO MODELO DE TRADUÇÃO

(segunda versão - teste com designers)



FONTE: a autora (2018).

5.4. COLETA E SELEÇÃO DE IMAGENS ESTÁTICAS BIDIMENSIONAIS

A coleta e seleção das imagens estáticas marca o início da fase 2 da pesquisa.

Através de pesquisa e tabulação de repositórios de objetos de aprendizagem (APÊNDICE F), decidiu-se utilizar o repositório Dia a Dia Educação, em sua ramificação específica da disciplina de Geografia. Dentre os repositórios nacionais pesquisados, o Dia a Dia Educação se destaca pela quantidade de mapas e imagens de Geografia catalogados, por ter uma seção dedicada apenas aos mapas do Paraná e por ter como alvo o Ensino Fundamental e Médio.

O Dia a Dia Educação é mantido pela Secretaria de Educação do Estado do Paraná (SEED) e se intitula como um “Portal Educacional do Estado do Paraná”, tendo quatro subdivisões: alunos, educadores, gestão escolar e comunidade. Dentro da subdivisão de educadores, é possível encontrar

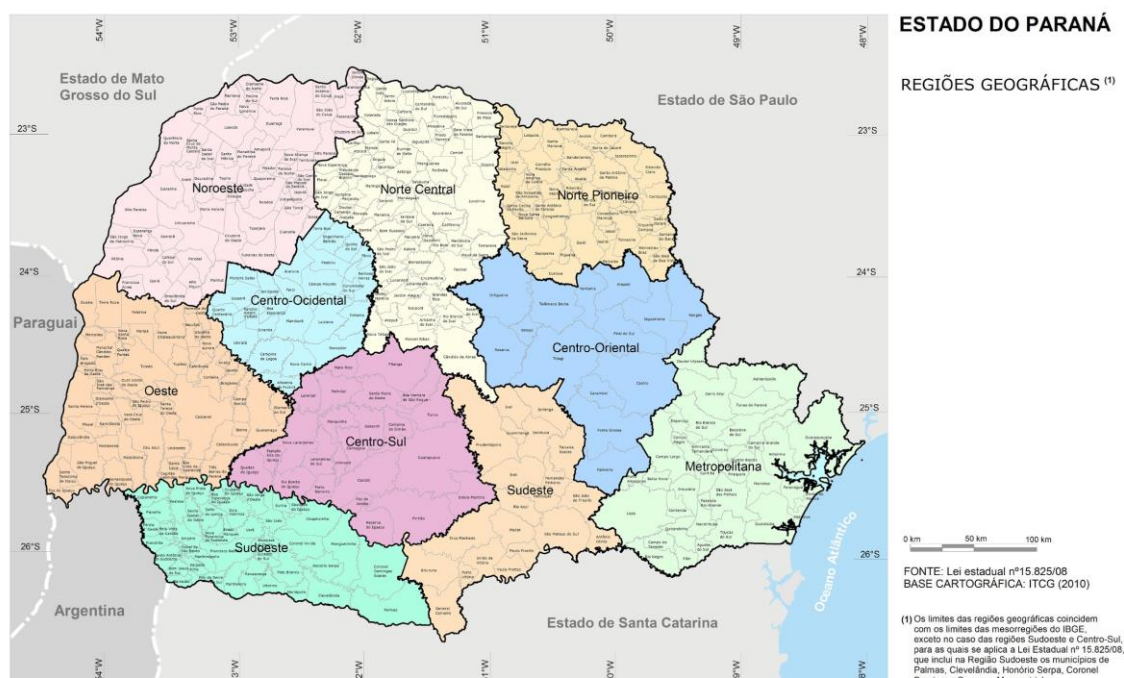
recursos digitais, ramificações específicas para cada disciplina, diretrizes curriculares, informativos, e até mesmo documentos oficiais do governo.

Na ramificação da disciplina de Geografia, os recursos didáticos encontrados variam desde normas da ABNT até *links*, infográficos e imagens, por exemplo. Em imagens, é possível encontrar: mapas gerais, imagens e mapas da geografia do Paraná, imagens de cartografia e imagens das dimensões socioambiental, política, econômica, cultural e demográfica. Dentre os mapas, 177 são mapas do Brasil e do mundo, e 67 são mapas do Paraná.

Para a seleção das imagens estáticas a serem usadas nos testes de compreensão, levou-se em consideração as quatro categorias identificadas por Engelhardt (2002): mapas geográficos, mapas estatísticos, mapas de rotas, mapas estatísticos de rotas. Optou-se pela utilização apenas de mapas do Paraná, mantendo uma unidade de informação entre as imagens.

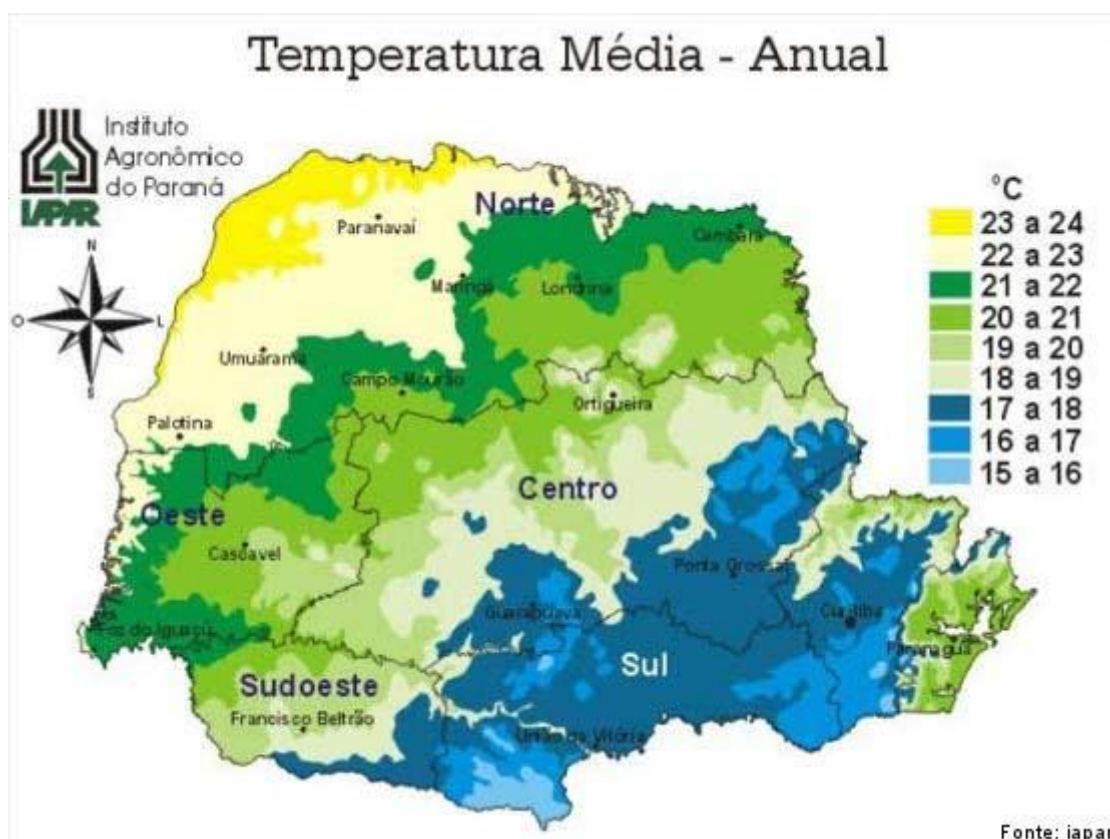
A partir da catalogação dos mapas e da seleção, as quatro imagens selecionadas são apresentadas a seguir, na ordem: mapa geográfico (FIGURA 43), mapa estatístico (FIGURA 44), mapa de rotas (FIGURA 45) e mapa estatístico de rotas (FIGURA 46).

FIGURA 43 - Mapa das regiões geográficas do Paraná.



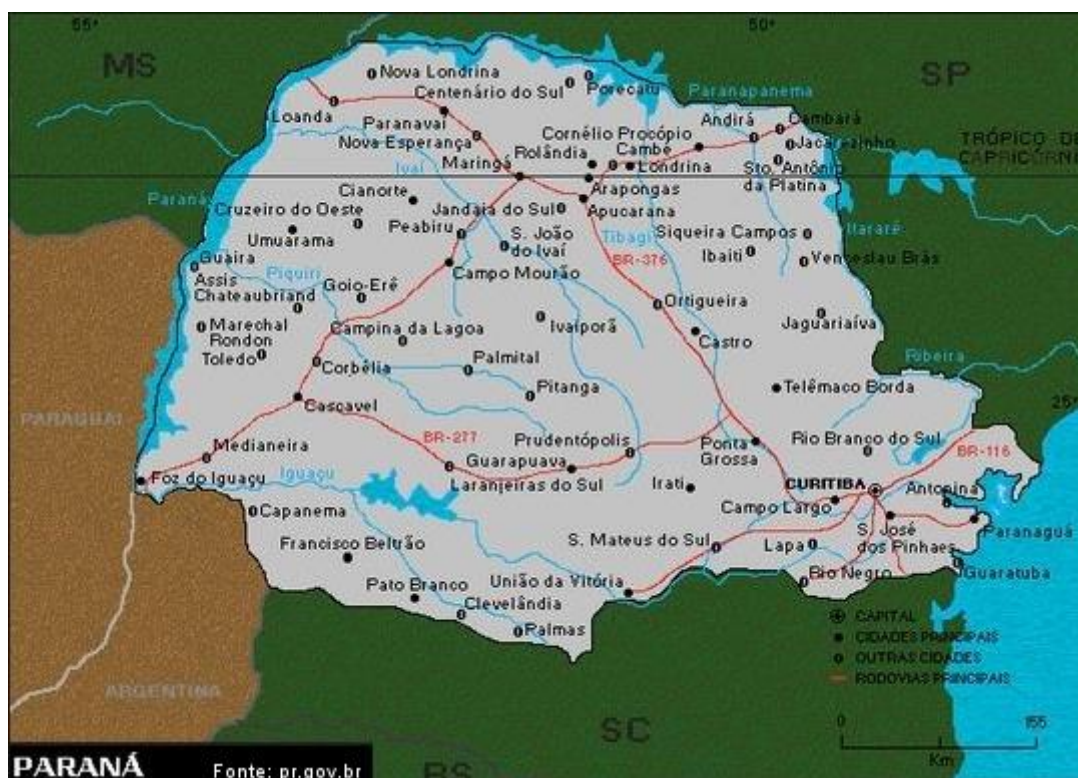
FONTE: SEED (2017).

FIGURA 44 - Mapa da temperatura média anual do Paraná.



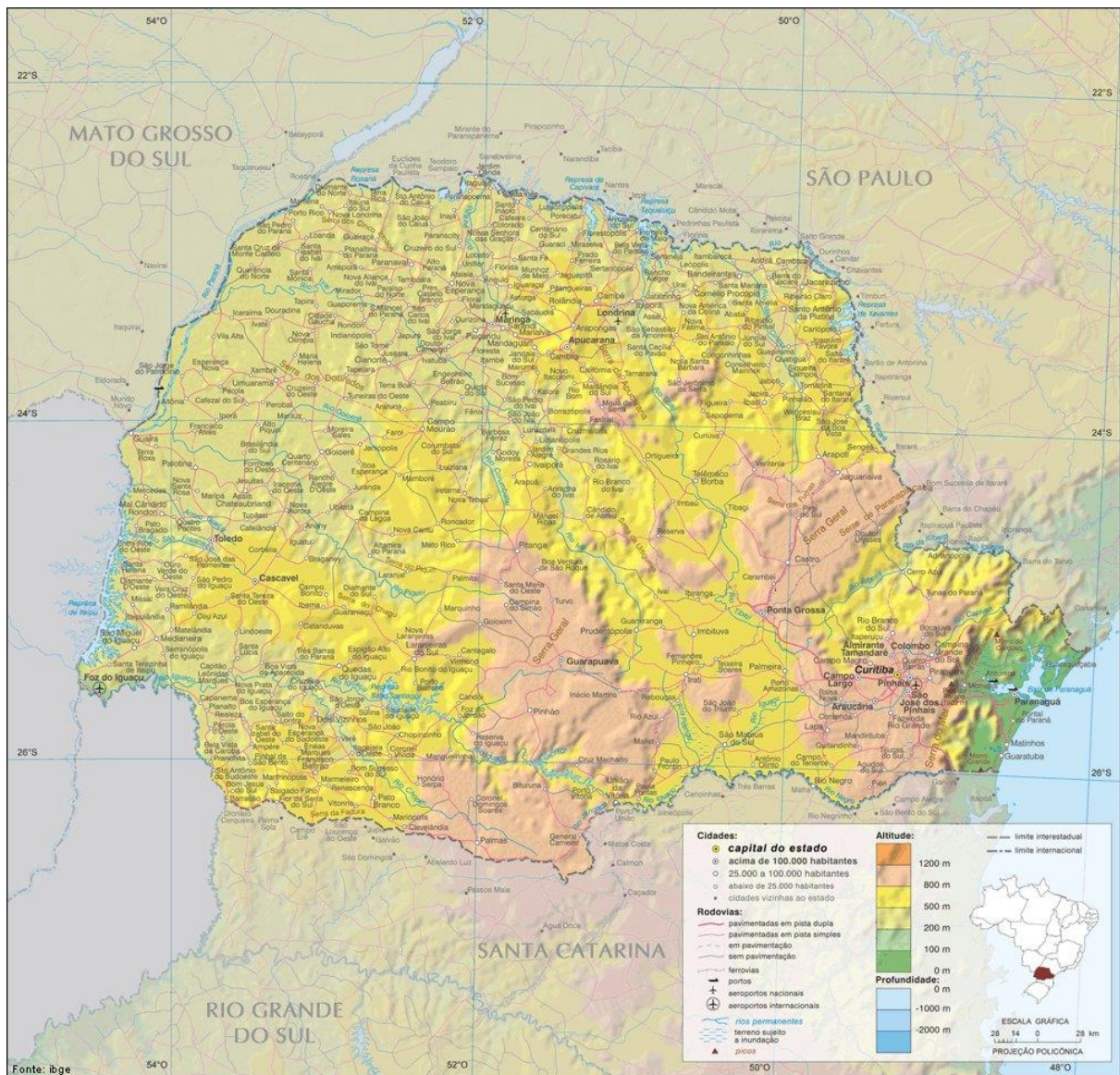
FONTE: SEED (2017).

FIGURA 45 - Mapa das principais rodovias do Paraná.



FONTE: SEED (2017).

FIGURA 46 - Mapa das altitudes e estradas do Paraná.



FONTE: SEED (2017).

A partir da escolha das imagens estáticas e, estando o modelo de tradução atualizado em sua segunda versão, o próximo momento foi o da efetiva aplicação do modelo para a geração de requisitos para a tradução tátil dos mapas.

5.5. APLICAÇÃO DO MODELO DE TRADUÇÃO

Após a escolha das imagens estáticas bidimensionais a serem traduzidas, quatro modelos de tradução foram impressos, de forma que cada imagem passasse por um modelo, individualmente.

O preenchimento foi realizado pela autora, pois foi a designer a realizar modelagem digital das imagens táteis. Através do preenchimento de cada modelo, as estratégias de modelagem foram

definidas:

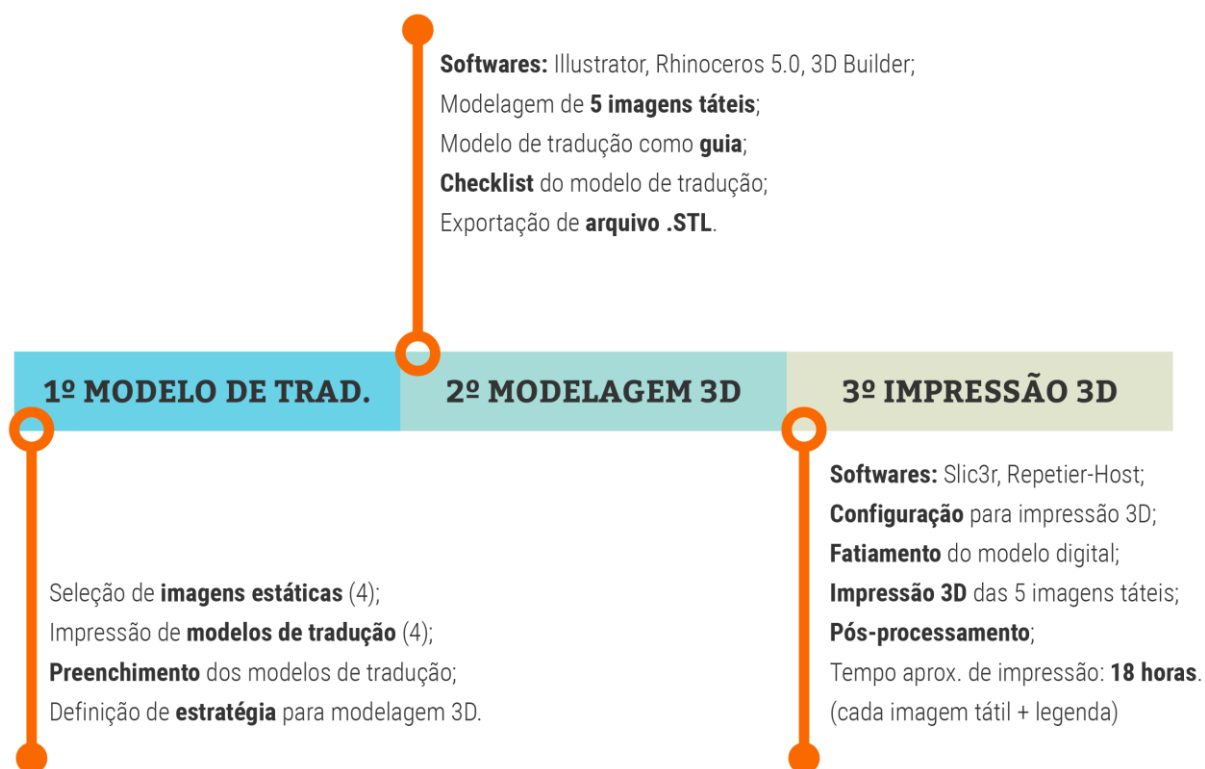
- **Mapa geográfico** (regiões geográficas): simplificação de texto, de regiões municipais, de países e estados vizinhos ao Paraná, suavização de curvas, utilização de linhas para contornos, áreas (sem textura), rótulos, legenda e título em Braille;
- **Mapa estatístico** (temperatura média anual): exclusão de itens decorativos (logo e rosa dos ventos), simplificação de texto, suavização de curvas e agrupamento de áreas similares, exclusão de áreas pequenas, utilização de linhas para contornos, áreas (com texturas), título e legenda em Braille;
- **Mapa de rotas** (principais rodovias): simplificação de itens que não auxiliam na compreensão da imagem (rios e cidades em que as principais rodovias não cruzam), de países e estados vizinhos ao Paraná, simplificação de texto, suavização de curvas, utilização de linhas contínuas e tracejadas, pontos geométricos tridimensionais, título, rótulos e legenda em Braille;
- **Mapa estatístico de rotas** (altitudes e estradas): simplificação de itens que não auxiliam na compreensão da imagem (rios, cidades, localização de aeroportos e portos, estados e países vizinhos), simplificação de texto, agrupamento de áreas similares, suavização de curvas, exclusão de áreas pequenas, utilização de linhas para contornos, áreas (sem textura), elevações, formas geométricas tridimensionais, título, rótulos e legenda em Braille, divisão em duas imagens táteis;

Além da estratégia individual, houve a decisão por manter o mesmo leiaute de modelagem, mantendo assim uma unidade dentro do conjunto de imagens táteis. O *checklist* foi deixado em segundo plano neste momento, para que fosse preenchido após a modelagem digital.

5.6. MODELAGEM E IMPRESSÃO 3D

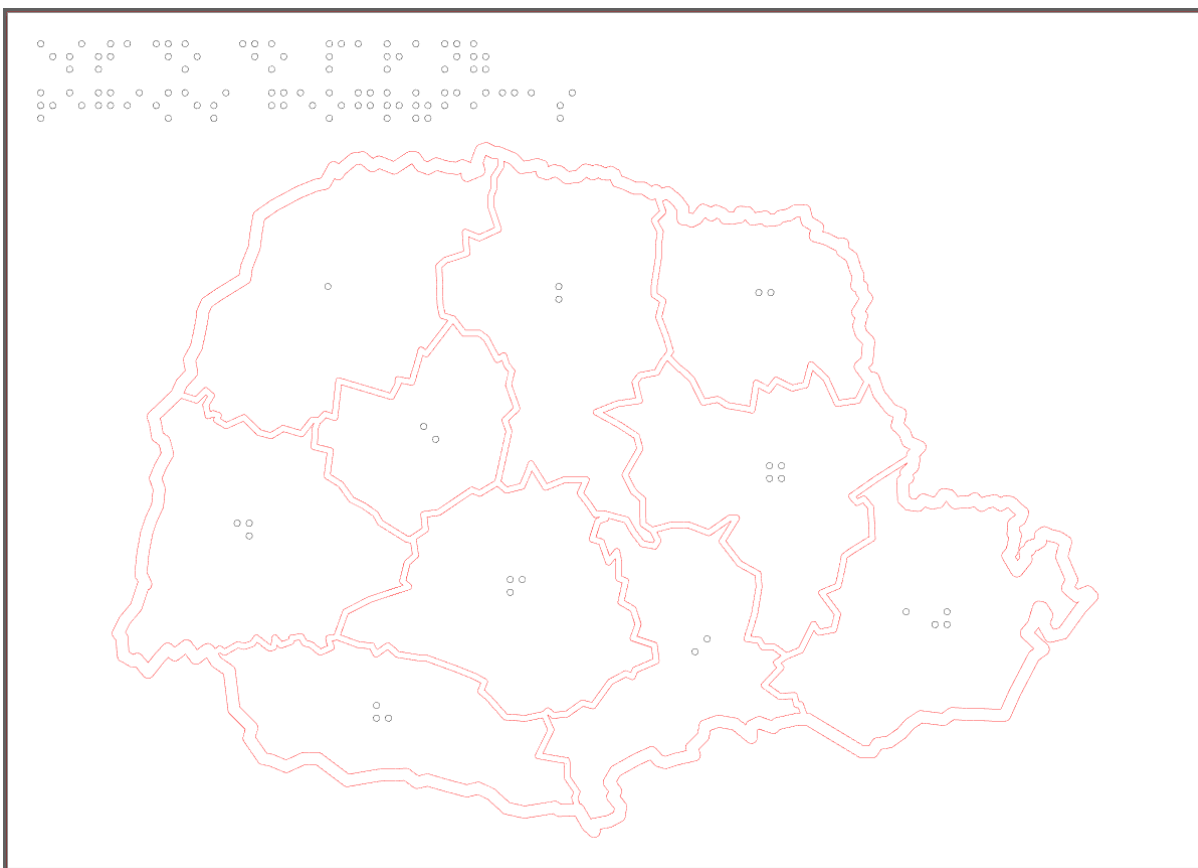
Concomitantemente ao uso do modelo de tradução, a modelagem foi iniciada pela autora, já com a estratégia estipulada. Houve liberdade de consulta ao modelo e suas recomendações sempre que necessário. Em linhas gerais, a linha do tempo para a tradução tátil das imagens ocorreu em 3 etapas, conforme RGS (FIGURA 47).

FIGURA 47 - Linha do tempo para a tradução das imagens táteis.



FONTE: a autora (2018).

Através do *software* de ilustração vetorial Adobe Illustrator, a imagem estática serviu de base para os contornos, texturas e Braille (FIGURA 48). Em seguida, o arquivo foi exportado ao *software* Rhinoceros, onde as imagens foram modeladas digitalmente (FIGURA 49).

FIGURA 48 - Imagem contornada no *software* Illustrator.

FONTE: a autora (2018).

FIGURA 49 - Modelagem digital da imagem tátil.



FONTE: a autora (2018).

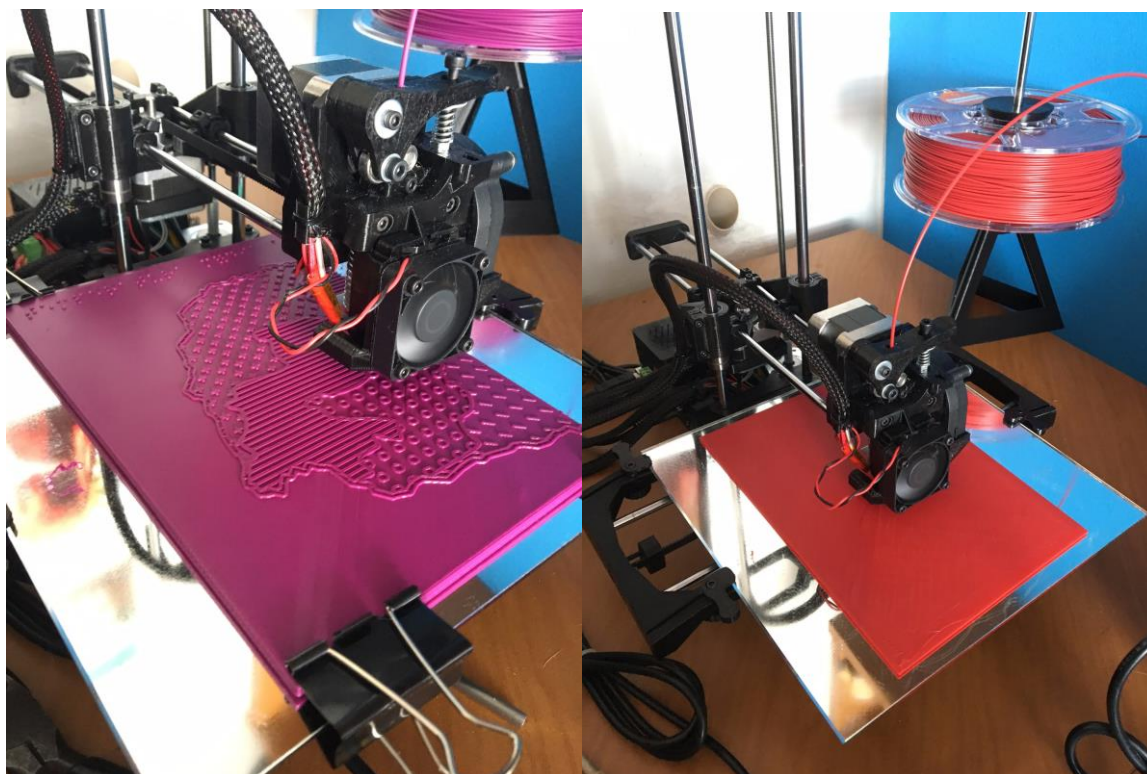
Com as imagens táteis modeladas, o arquivo foi exportado em .STL, para que o *software* utilizado para impressão 3D pudesse reconhecê-los. Entretanto, a imagem tátil excedia o tamanho máximo de impressão permitida pela impressora 3D e, utilizando o *software* 3D Builder, a imagem tátil digital foi dividida ao meio.

Através dos *softwares* Slic3r e Repetier-Host, que realizam o planejamento da impressão e comandam a máquina, os seguintes parâmetros principais foram definidos:

- Altura da camada no eixo Z: 0,2mm;
- Preenchimento do modelo: 20%;
- Método de preenchimento interno e externo: retilíneo;
- Velocidade de impressão para perímetros: 35mm/s;
- Velocidade de impressão para preenchimentos: 45 mm/s;
- Temperatura de impressão - 1ª camada (variável para cada cor): entre 210 e 220° C;
- Temperatura de impressão - outras camadas: entre 185 e 195° C.

A impressora 3D utilizada foi a Stella, da empresa Boa Impressão 3D (BI3D), utilizando filamentos da mesma marca, PLA, diâmetro 1,75mm, nas cores: azul escuro, cinza, roxo e vinho, e o tempo de impressão médio para capa mapa foi de aproximadamente 18 horas (FIGURA 50).

FIGURA 50 - Impressora 3D Stella.



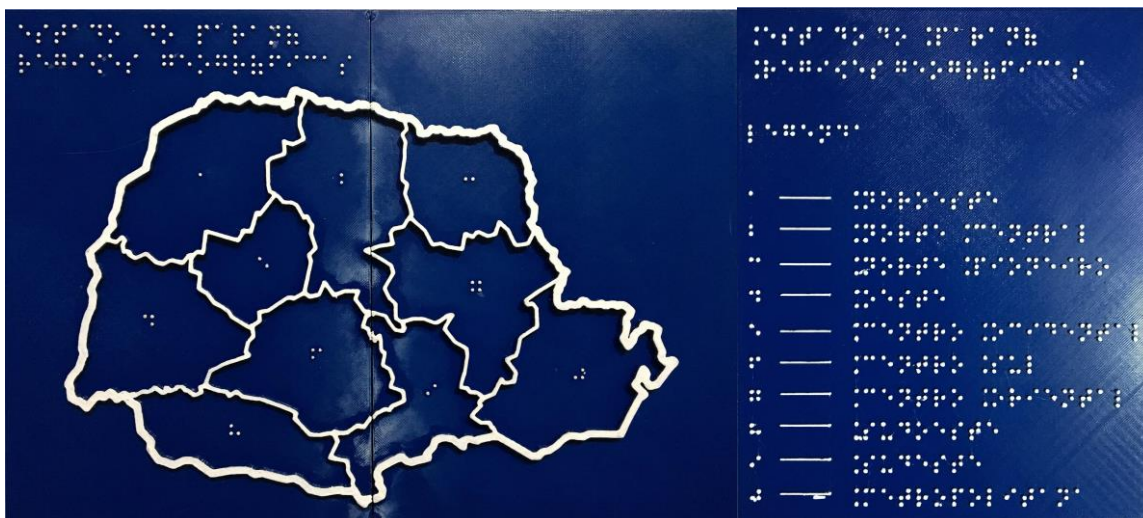
FONTE: a autora (2018).

De acordo com o modelo de tradução, o pós-processamento era necessário para que a imagem tátil impressa não se fizesse muito áspera ou muito lisa. Portanto, para que as imagens táteis se mantivessem agradáveis ao toque, escolheu-se pintar a superfície de toque com tinta acrílica fosca branca. A cor branca foi escolhida porque, em adição a deixar a imagem agradável ao toque, o contraste

de cor serviu de apoio visual à pesquisadora nos testes de compreensão - em uma situação real de aplicação da imagem, por exemplo, o apoio visual se estende ao profissional ou professor que porventura acompanhe o estudante.

Em seguida, apresenta-se as imagens impressas e finalizadas, juntamente com suas legendas (FIGURAS 51, 52, 53 e 54).

FIGURA 51 - Mapa geográfico tátil (regiões geográficas).



FONTE: a autora (2018).

O mapa geográfico apresenta as 10 regiões geográficas do estado do Paraná, com sua legenda separada indicando seus nomes, por exemplo: letra A - Noroeste.

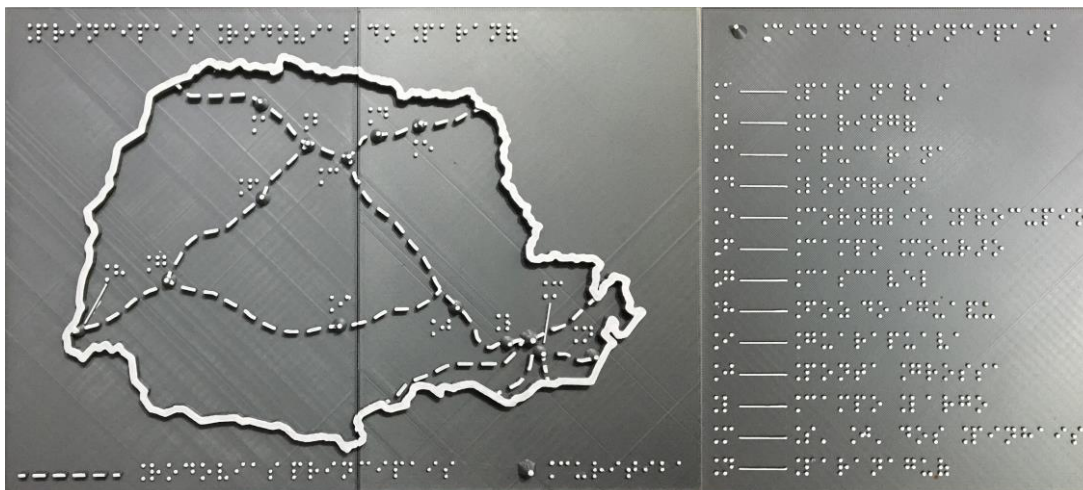
FIGURA 52 - Mapa estatístico tátil.



FONTE: a autora (2018).

O mapa estatístico demonstra a temperatura média anual do estado do Paraná, através de texturas. Cada textura equivale a um intervalo de temperatura em celsius, indicados pela legenda.

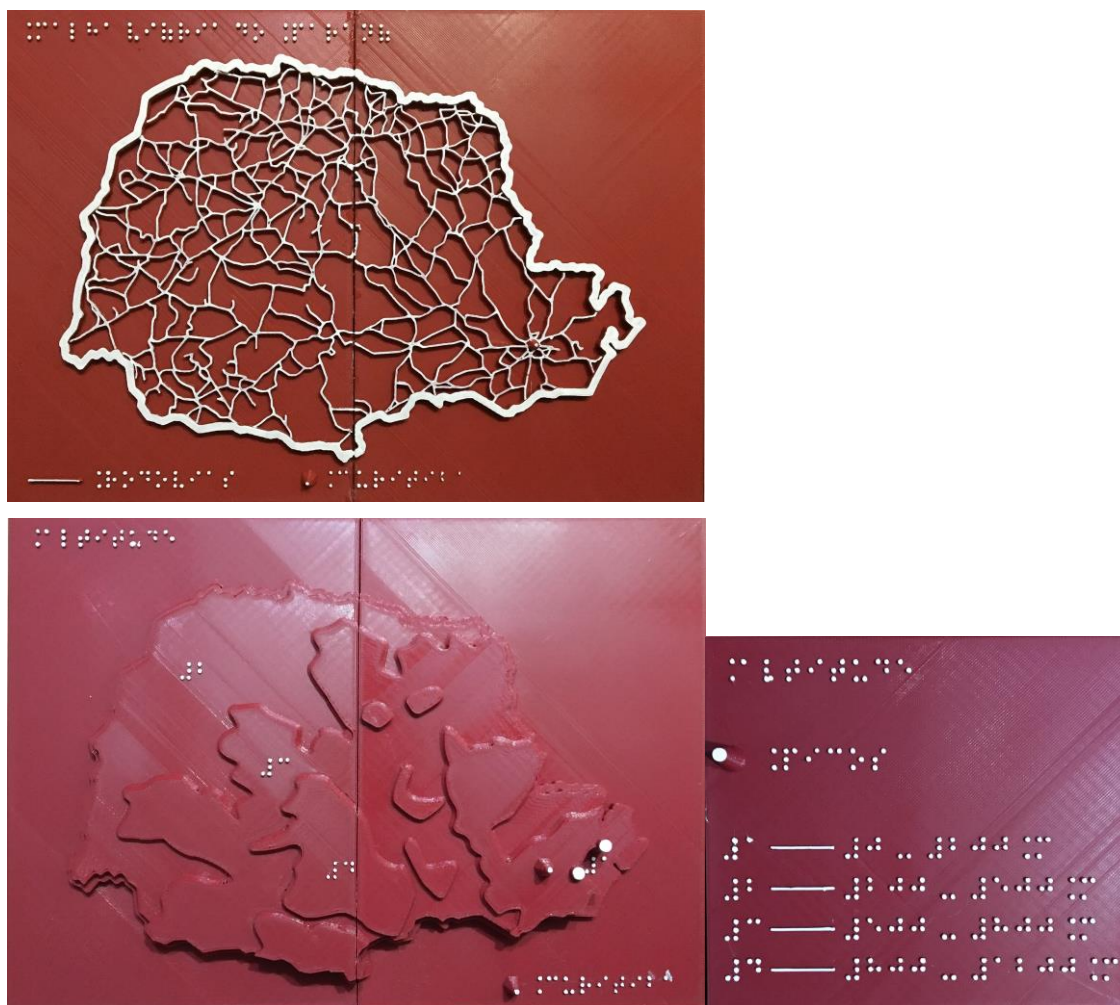
FIGURA 53 - Mapa de rotas tátil.



FONTE: a autora (2018).

O mapa de rotas mostra as principais rodovias do Paraná através de linha tracejada, indicando também as principais cidades por onde as estradas cruzam. Possui legenda separada e também abaixo do mapa. Separadamente, a legenda indica os nomes das cidades e, abaixo do mapa, a legenda indica estradas e a capital Curitiba.

FIGURA 54 - Mapa estatístico de rotas tátil - dividido em 2 imagens táteis (malha viária e relevos).



FONTE: a autora (2018).

O mapa estatístico de rotas, dividido em duas imagens táteis, demonstra primeiramente a malha viária completa do Paraná e, posteriormente, os relevos do estado. O mapa da malha viária apresenta legenda abaixo da imagem, indicando as estradas e a capital Curitiba. Já o mapa de relevos possui legenda separada, onde indica os picos e também os intervalos de altitude do Paraná, que foram divididos em 4.

A descrição técnica exposta aqui, incluindo *softwares* utilizados, impressora 3D e parâmetros de impressão, desempenham função importante para que outros designers ou modelistas possam replicar o processo.

Em conclusão, após a finalização das imagens táteis impressas em 3D, juntamente com suas legendas, a fase 2 da pesquisa se encerrou e, assim, o próximo capítulo descreve as fases seguintes.

5.7. SÍNTESE DO CAPÍTULO

Este capítulo descreveu os resultados das fases 1 e 2 desta pesquisa, compreendendo desde a RBS até a impressão 3D das imagens táteis.

Percorreu inicialmente a fase 1 da pesquisa, modelo de tradução. Descreveu os resultados da RBS, em seguida, apresentou o modelo de tradução inicial, página a página. Finalizando a fase 1, também descreveu os 3 testes realizados com designers, demonstrando resultados que foram utilizados para a atualização do modelo em sua segunda versão.

Seguidamente, percorreu a fase 2 da pesquisa, tradução tátil e impressão 3D. Iniciou com a exposição das 4 imagens estáticas escolhidas do repositório Dia a Dia Educação, com o tema de mapas de Geografia. Posteriormente, descreve o processo de aplicação do modelo de tradução nessas 4 imagens, da modelagem digital das imagens táteis traduzidas e, por fim, a impressão 3D, ilustrada por figuras do processo e do resultado final.

6. TESTES DE COMPREENSÃO E MODELO FINAL

Este capítulo descreve os testes de compreensão realizados durante a pesquisa, assim como a análise dos dados e a atualização do modelo de tradução em sua versão final. Os subtópicos de seleção e perfil dos voluntários, testes piloto e testes de compreensão remetem à **fase 3** desta pesquisa, testes com usuários cegos, enquanto que o subtópico de atualização do modelo de tradução remete à **fase 4** - cruzamento e análise dos dados. De forma geral, as fases 3 e 4 buscam alcançar, parcialmente, os objetivos específicos: ***definir requisitos para a tradução de imagens estáticas em imagens táteis***; e ***validar a aplicabilidade do modelo de tradução com designers e cegos***, complementando os resultados das fases anteriores.

6.1. SELEÇÃO E PERFIL DOS VOLUNTÁRIOS

Como descrito pelo capítulo 4, métodos de pesquisa, a seleção de voluntários cegos se deu a partir de amostra não-probabilística, no total de 10 participantes. A seleção ocorreu nos seguintes locais:

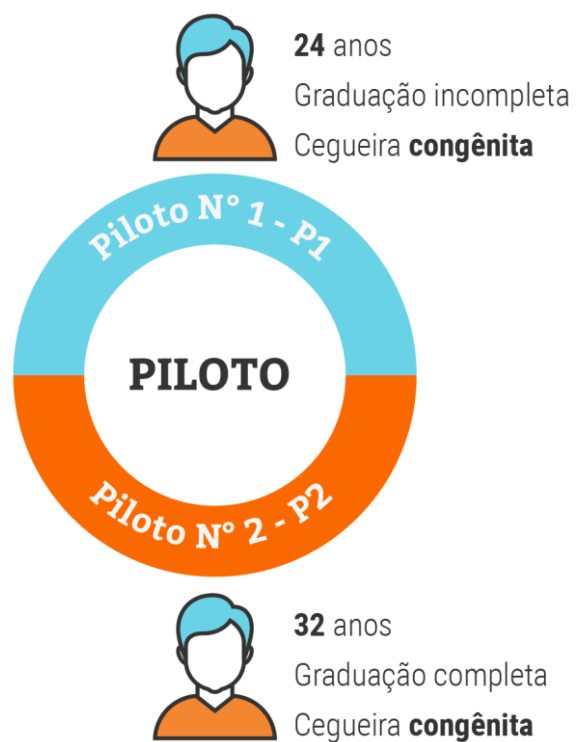
- UNINTER, Curitiba (2);
- Centro de Apoio Pedagógico para atendimento às pessoas com deficiência visual (CAP), sedes de Maringá e Curitiba (6);
- Escola Estadual Dom Pedro II, Curitiba (2).

Todos os voluntários atenderam os critérios de seleção, que foram: cegas (congenita ou adquirida), alguma experiência com imagens táteis e certo contexto acerca de mapas, cursando ou finalizado o Ensino Fundamental ou Médio, independente de idade.

Além disso, vale mencionar que todos consentiram com os testes mediante leitura e assinatura do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), disponível no apêndice G, com a especificação de que todos os dados aqui apresentados são mantidos anônimos. Em caso de participante menor de idade, o responsável legal assinou o TCLE (APÊNDICE H), sob o mesmo termo de que dados utilizados são anônimos.

Dentre os 10 participantes, 2 foram selecionados para os testes piloto (FIGURA 55).

FIGURA 55 - Perfil dos voluntários para o teste piloto.



FONTE: a autora (2018).

Os outros 8 realizaram os testes de compreensão, e os perfis são ilustrados pela figura 56.

FIGURA 56 - Perfil dos voluntários para o teste de compreensão.



FONTE: a autora (2018).

Para que nenhum voluntário fosse identificado, optou-se por utilizar códigos referentes a cada teste. Assim, os dois pilotos se identificam como P1 e P2, enquanto os testes apresentam-se como T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7 e T8.

A idade entre os 10 participantes varia entre 12 e 55 anos, sendo que destes: 2 estão cursando o Ensino Fundamental, 2 possuem Ensino Médio completo, 2 estão em um curso de graduação, 2 com graduação completa, 1 com especialização e, por fim, 1 com mestrado. Todos sabiam ler Braille.

6.2. TESTES PILOTO

A partir da seleção de voluntários para os testes, dois foram escolhidos para realizarem o teste piloto, como forma de ajustar o protocolo do teste de compreensão (APÊNDICE I). Em suma, o protocolo previa um objetivo a ser cumprido, que foi testar as imagens táteis impressas em 3D; testar o protocolo; e explicar o procedimento detalhado a ser seguido.

Duas incertezas surgiram anteriormente a realização do teste:

1. Se havia preferência por assinar o TCLE impresso em tinta ou em Braille;
2. Se era necessário explicar um breve contexto de cada imagem tátil.

Assim, P1 e P2 foram questionados sobre o TCLE, onde ambos preferiram assinar o documento impresso em tinta, tendo a pesquisadora previamente lido o TCLE para os participantes.

Quanto ao contexto, P1 não recebeu nenhum contexto acerca das imagens táteis e P2 recebeu uma breve explicação de cada uma das imagens táteis. Dentre as principais dificuldades e problemas mencionados pelos participantes, ou observados pela autora, estão:

- Dificuldade em associar letras Braille com as regiões demarcadas;
- Falta de indicadores que demonstrem por onde começar a leitura dos mapas;
- Tamanho pequeno para o mapa geográfico e o mapa estatístico de rotas;
- Dificuldade em compreender legendas localizadas abaixo do mapa;
- Informações demais;
- Difícil localizar o mapa do Paraná no contexto brasileiro;
- Texturas parecidas;
- Dificuldade em acessar pontos mais baixos no mapa;
- Espaçamento de algumas palavras Braille deixou a desejar.

Enquanto isso, as soluções dadas por P1 e P2 por vezes sanariam as dificuldades, como por exemplo:

- Usar siglas em Braille ao invés de letras em ordem alfabética para indicar regiões;
- Instruir na legenda como se deve começar a leitura do mapa;
- Aumentar o tamanho dos mapas;
- Inserir referências espaciais ao redor do mapa do Paraná - o que há acima, abaixo, etc.

Os pontos positivos comentados foram ao redor do Braille, que estava compreensível e perceptível. Nas entrevistas semi-estruturadas realizadas após os testes, pouco mais se obteve de informações, como o fato de ser positivo manter o mesmo leiaute em todas as imagens táteis, dificuldades com muitas informações juntas, a diminuição de sensibilidade na ponta dos dedos pelo uso constante dos mapas, e da opinião de que elevações diferentes foram fundamentais para a compreensão.

O quadro 8 mostra os resultados dos dois testes piloto.

QUADRO 8 - Resultado do piloto.

MAPA GEOGRÁFICO	P1	P2
Problemas e dificuldades	<ul style="list-style-type: none"> - Confuso para quem está aprendendo; - Sem contexto, foi difícil compreender o objetivo do mapa; - Muita informação e detalhes; - Achou pequeno; - Difícil associar letras com as regiões; - Achou abstrato para alguns cegos, sobre localização espacial. 	<ul style="list-style-type: none"> - Difícil localizar o mapa do Paraná no contexto brasileiro, por exemplo - faltam referências espaciais;
Sugestões	<ul style="list-style-type: none"> - Ter abreviações das regiões ao invés de letras em Braille (a, b, c); - Legenda ter explicação de como se localizar no mapa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Colocar referências espaciais: o que há do lado direito, o que há para baixo, o que há para cima e o que há do lado esquerdo.
Pontos positivos		<ul style="list-style-type: none"> - Sentiu bem o relevo, Braille perceptível.
MAPA ESTATÍSTICO		
Problemas e dificuldades	<ul style="list-style-type: none"> - Sem contexto, difícil compreender o objetivo do mapa; - Abstrato; - Identificação das texturas apenas com explicação de como a legenda está configurada; - Achou confuso andar pelo mapa, mesmo com a legenda. 	<ul style="list-style-type: none"> - Espaçamento das palavras em Braille - algumas palavras estavam juntas; - Confusão entre número 1 e letra A; - Texturas próximas e parecidas - achou 2 texturas na legenda, e 4 ou 5 no mapa.
Sugestões	<ul style="list-style-type: none"> - No mapa, colocar orientação de como iniciar a leitura; - Colocar informações de temperatura junto com o mapa de regiões, uma mescla; - Associar o tema com outros mapas que o estudante já conheça, por exemplo regiões, ventos, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> - Legenda atrás do mapa; - Trocar a textura para letras em Braille, mais rápido para localizar; - Fazer comparação com o mapa das regiões - manter referência espacial; - Colocar as regiões na legenda, mesclando com a temperatura.
Pontos positivos		

MAPA DE ROTAS		
Problemas e dificuldades	<ul style="list-style-type: none"> - Entendeu como sendo uma rota, como tendo um sentido a ser seguido; - Não identificou a legenda abaixo do mapa, apenas a legenda separada; - Achou difícil imaginar o todo, consegue identificar linhas e pontos de cidades, mas acharia difícil localizar uma cidade específica. 	<ul style="list-style-type: none"> - Espaçamento das palavras em Braille - algumas palavras estavam juntas; - Espaçamento entre Braille e ponto, muito encostado; - Pouca diferença entre altura da borda do Paraná para a altura da estrada; - Falta nome da rodovia; - Falta referência para onde a estrada vai além do Paraná.
Sugestões	<ul style="list-style-type: none"> - Colocar siglas de cidades ao invés da letra, para facilitar a leitura; - Todas as legendas poderiam ficar juntas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Relevo menor para a estrada, pois está parecido com a borda do Paraná; - Trocar linha tracejada por dois riscos finos juntos, simulando uma estrada; - Fazer uma versão sem bordas, para encaixar com outros mapas vizinhos, estilo quebra-cabeça - nesse caso, indicar a posição correta para a leitura e encaixes; - Traços ou sinais diferentes para indicar o nome da rodovia na legenda.
Pontos positivos		<ul style="list-style-type: none"> - Conseguiu traçar uma rota com as rodovias, identificando cada cidade pelo caminho. - Entendeu que a partir da cidade "H", um sujeito poderia escolher entre duas rodovias para viajar pelo Paraná, por exemplo.
MAPA ESTATÍSTICO DE ROTAS		
Problemas e dificuldades	<ul style="list-style-type: none"> - Dar uma imagem de cada vez, ainda explicando que é uma imagem original só; - Sem contexto, difícil entender o mapa de rotas; - Abstrato - mapa da malha viária; - Muitas linhas e muita informação no 	<ul style="list-style-type: none"> - Espaçamento pequeno entre as estradas, pode confundir o tato - mapa da malha viária; - Legenda embaixo do mapa atrapalhou a leitura - mapa da malha viária; - Material áspero para utilizar por

	<p>mapa da malha viária, informações pequenas;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Não identificou a legenda abaixo do mapa da malha viária; - Leu picos como sendo o título da legenda, não identificou o elemento 3D. - Não soube por onde começar a leitura do mapa da malha viária; - Difícil localizar o primeiro item da legenda, o nível do mar, assim como os picos. 	<p>muito tempo, perde sensibilidade do tato nas pontas do dedo;</p> <ul style="list-style-type: none"> - Relevo baixo tornou a legenda escondida demais, difícil encontrar - mapa de relevos; - Difícil associar um relevo com uma região do Paraná.
Sugestões	<ul style="list-style-type: none"> - Indicar um ponto de partida no mapa de malha viária; - Separar cada altitude em um mapa diferente; - Mesclar ou associar com o mapa das regiões - mapa de relevos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mapa da malha viária poderia ser duas vezes maior; - Fazer um manual para os professores de como usar e explicar as imagens táteis aos estudantes; - Colocar sinalização Braille em todas as áreas elevadas, mesmo que sejam da mesma altura, repetindo a mesma sinalização; - Trocar número Braille por letra Braille, para ficar menor e encaixar em áreas menores.
Pontos positivos	<ul style="list-style-type: none"> - O Braille está bom, compreensível; 	<ul style="list-style-type: none"> - Compreendeu mais alto e mais baixo no mapa de relevos.

FONTE: a autora (2018).

De forma geral, P1 teve mais dificuldades em compreender os mapas táteis, devido à falta de contexto sobre os temas de cada imagem. P2 também teve certa dificuldade com alguns mapas, o que sugere que o contexto dado ao participante não foi suficiente.

Após a análise dos dados, definiu-se algumas alterações para o protocolo do teste de compreensão, a ser:

- Inserir contexto em cada imagem tátil, além de indicar referências espaciais no que há ao redor do estado do Paraná;
- Realizar uma pergunta específica a cada participante, e em cada mapa, fazendo com que localizem alguma cidade, alguma região ou algum relevo, por exemplo;
- TCLE apenas impresso a tinta.

6.3. TESTES DE COMPREENSÃO

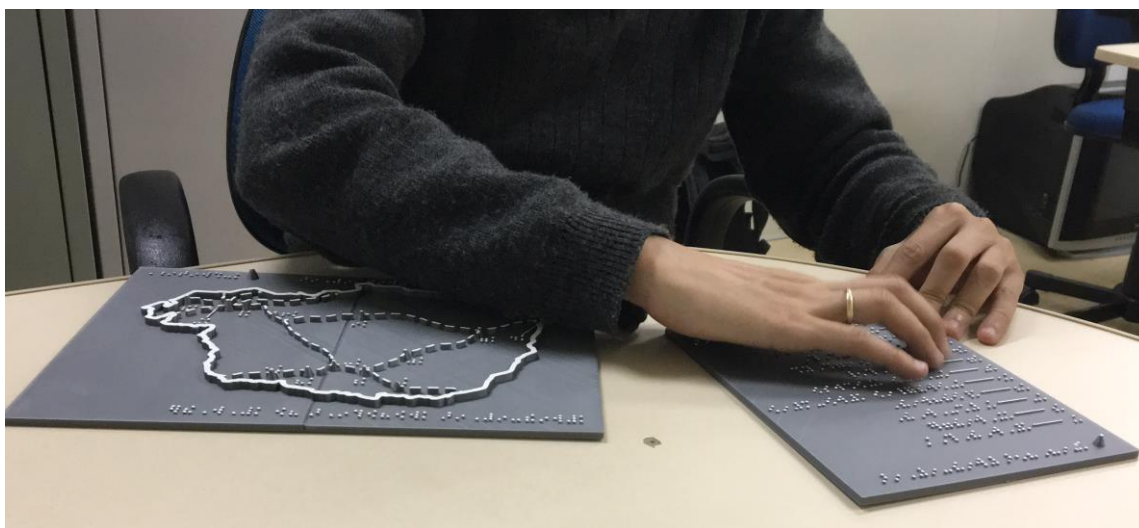
A partir dos ajustes definidos para o protocolo do teste de compreensão, o contexto e a pergunta específica de cada mapa foi criado e incorporado ao protocolo (APÊNDICE J).

Por exemplo, para a primeira imagem tátil, mapa geográfico das regiões do Paraná, o contexto dado foi o seguinte: “*essa imagem mostra a divisão do Estado do Paraná em 10 regiões geográficas, que estão indicadas por letras em Braille. O objetivo é compreender a divisão e conhecer os nomes das regiões. Acima, o estado de São Paulo. Abaixo, o estado de Santa Catarina. Ao lado direito, o oceano. E ao lado esquerdo, Mato Grosso do Sul, Paraguai e Argentina*”.

Já a pergunta específica, foi: “*poderia mostrar onde está a região metropolitana, norte pioneiro, etc?*”, sendo possível modificar a pergunta para cada participante, pedindo regiões diferentes para cada um deles.

Como mencionado, 8 voluntários cegos participaram dos testes de compreensão, individualmente (FIGURA 57 e 58).

FIGURA 57 - Participante lendo o mapa de rotas.



FONTE: a autora (2018).

FIGURA 58 - Participante lendo o mapa geográfico.



FONTE: a autora (2018).

De forma a mantê-los anônimos, estes são denominados por códigos, entre T1 e T8. A seguir comenta-se sobre cada um dos testes.

T1 já teve contato com as imagens táteis durante o período escolar, em específico, na disciplina de Geografia. Nos 5 mapas táteis apresentados a ele, respondeu corretamente todas as perguntas específicas, identificando a resposta nos mapas. Poucas dificuldades, como confundir a letra A pelo número 1, distinguir texturas e, encontrar o ponto mais baixo do mapa de relevos. Comentou ter gostado mais das imagens em 3D do que as de papel que já utilizou, que as legendas estavam bem detalhadas, que os tamanhos estavam adequados e que o mesmo leiaute em todos os mapas é positivo.

T2 teve pouca experiência com as imagens táteis e, na disciplina de Geografia, utilizou apenas texto. Não respondeu corretamente a pergunta do mapa geográfico, pois tentou responder sem usar legenda - apenas usando a memória, porém acertou o restante das perguntas. Teve certa dificuldade na leitura em Braille, na localização de cidades no mapa de rotas e, confundiu o hífen como o sinal de subtração. Na entrevista, comentou que as dificuldades vieram por ser a primeira vez em contato com imagens táteis impressas em 3D, portanto precisou se adaptar com o Braille e com a identificação dos elementos. Para ele, o mesmo leiaute nas imagens é positivo e considerou o material sendo satisfatório.

T3 utilizou imagens táteis na escola, mas comenta não ter tido mapas táteis na disciplina de Geografia, que esta foi mais teórica. Respondeu corretamente as 5 perguntas direcionadas a ele. Com poucas dificuldades na compreensão dos mapas, o que considerou mais complicado foi um dos mapas táteis do mapa estatístico de rotas, que indicava o relevo do Paraná. Para T3, houve dificuldade em localizar o Braille no relevo mais baixo, que estava escondido. Comentou que o Braille nos mapas estava nítido e compreensível, ao contrário de sua experiência em livros de papel, que estavam gastos com o

tempo. Na entrevista, diz ter sentido falta de legenda e informações no mapa da malha viária (mapa estatístico de rotas), pois era vago, que o mesmo leiaute é positivo pois segue um padrão, que as texturas estavam adequadas, assim como os relevos e o tamanho dos mapas.

T4 experienciou imagens táteis também na escola, e que na disciplina de Geografia utilizou muitos mapas táteis feitos com cola quente por seus professores. Também respondeu corretamente todas as perguntas específicas dos mapas. Compreendeu com facilidade os mapas, tendo como única dificuldade a localização do relevo mais baixo em um dos mapas estatístico de rotas (relevo do Paraná). Comentou ter gostado da experiência com os mapas táteis, que a impressão 3D deu informações mais exatas ao mapa. Também mencionou que o mesmo leiaute é positivo, pois já sabia se localizar no próximo mapa, que mapas e legendas eram de fácil compreensão.

T5, que cursa o Ensino Fundamental, utiliza imagens táteis na sala de recurso da escola, e também durante as aulas. Em Geografia, comenta ter livros e imagens, mas que por vezes o professor só passa texto a ele. Respondeu todas as perguntas corretamente. Dentre as dificuldades, confundiu a letra A com o número 1 (atrapalhando a leitura da legenda), demorou a entender a sigla da cidade São José dos Pinhais (S. J. dos Pinhais), confundiu as legendas abaixo do mapa como sendo parte do próprio mapa, e entendeu o hífen como um sinal de subtração. Na entrevista, comentou que gostaria de ter os mapas táteis nas suas aulas, que o tamanho estava adequado e que o mesmo leiaute é positivo. Considerou, também, o Braille e o material como pontos positivos.

T6, que também cursa o Ensino Fundamental, utiliza imagens táteis tanto em sala de aula quanto na sala de recursos. Nas perguntas, só não respondeu corretamente quando precisou localizar Curitiba no mapa da malha viária (um dos que compõem o mapa estatístico de rota), pois localizou o ponto na legenda abaixo do mapa, e não no mapa em si. Nas dificuldades, comenta que gradualmente foi ficando mais difícil compreender (iniciando com o mapa geográfico e terminando no mapa estatístico de rotas), teve dificuldade em encontrar algumas cidades no mapa de rotas, confundiu a letra A com o número 1 e teve dificuldades em encontrar o relevo mais baixo no último mapa. Comentou que tamanho e Braille estavam adequados, e que o mesmo leiaute é positivo, porém, ainda prefere mapas maiores.

T7 teve contato com imagens táteis no IPC e explica que seu ensino de Geografia foi ruim, sem entrar em detalhes. Da mesma forma que o teste anterior, só não respondeu corretamente a pergunta sobre localizar Curitiba na malha viária (um dos mapas componentes do estatístico de rotas). Para ela, algumas texturas do mapa estatístico eram parecidas ao toque, teve certa dificuldade em achar algumas cidades e confundiu as legendas abaixo do mapa como sendo parte do próprio mapa. Comentou que considerou a leitura uma aprendizagem, pois não tinha conhecimento de mapas assim antes, e que gostou das elevações diferentes. Também expressa que o tamanho está adequado e que o leiaute igual nos mapas é positivo.

T8 teve contato com imagens táteis na escola, onde expõe que eram mais frequentes no Ensino Fundamental do que no Ensino Médio. Com maiores dificuldades, não conseguiu responder duas perguntas: localizar uma textura no mapa estatístico (temperatura média anual) e encontrar um relevo no mapa estatístico de rotas (mapa de relevos do Paraná). Dentre as dificuldades, não conseguiu compreender as texturas e fazer uma relação com a legenda, teve dificuldades em ler alguns rótulos no mapa pois o Braille estava próximo de relevos, achou que os mapas continham muitas informações e que precisaria de maiores explicações. De forma geral, diz ter entendido o propósito dos mapas, mesmo com dificuldades, e comenta que as legendas eram boas. Para ele, o Braille e o tamanho dos mapas são adequados, e manter o mesmo leiaute é positivo.

De forma geral, os testes realizados foram positivos, com algumas incidências parecidas de dificuldades ou problemas enfrentados, sendo os principais:

- Confundir a letra Braille A com o número 1, atrapalhando a leitura da legenda do mapa estatístico;
- Para alguns participantes, certas texturas eram parecidas entre si;
- Legendas abaixo do mapa eram confundidas como parte do próprio mapa, ou eram ignoradas;
- O hífen foi confundido como sinal de subtração;
- O relevo mais baixo do segundo mapa estatístico de rotas foi considerado difícil de localizar.

Pontos positivos, além dos percebidos ou comentados de forma pontual, foram mencionados sendo:

- Braille perceptível, nítido e adequado;
- Gostaram da experiência de ler os mapas táteis impressos em 3D;
- Tamanho adequado, em geral;
- Manter o mesmo leiaute é positivo;
- Legendas adequadas.

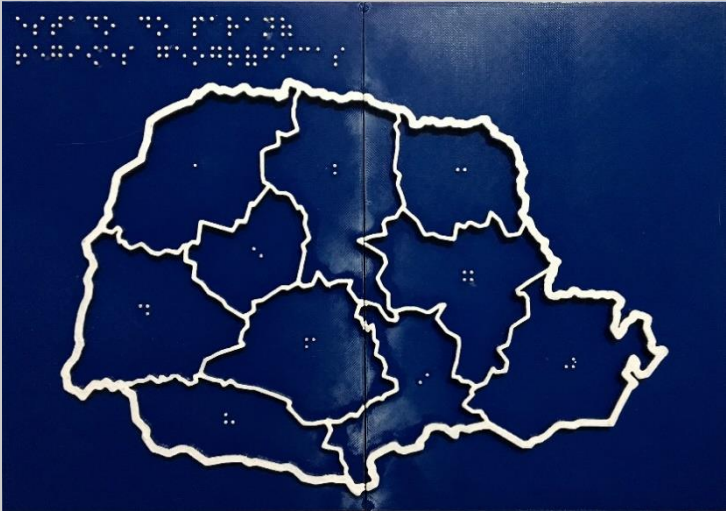
Quanto às sugestões - algumas como resposta direta a algum problema enfrentado, as principais foram:

- Evidenciar com mais clareza a cidade de Curitiba, seja na legenda ou no mapa;
- Afastar mais os rótulos em Braille do relevo do mapa;
- Indicar os nomes das rodovias nos mapas de rotas e estatístico de rotas;
- Ter alguém (um professor, por exemplo) junto, explicando o mapa ao longo da leitura;

- Diferenciar com mais cuidado as texturas.

O quadro 9 resume dificuldades e problemas encontrados, soluções sugeridas e pontos positivos. Os resultados individuais de cada teste encontram-se no apêndice K.

QUADRO 9 - Resultado do teste de compreensão.

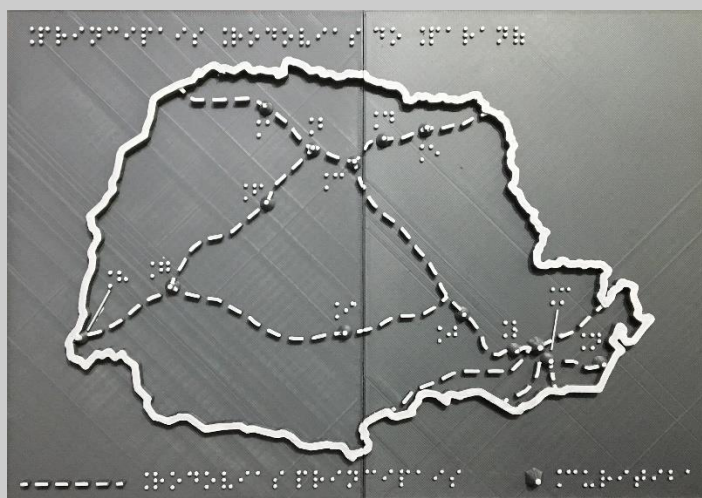
MAPA GEOGRÁFICO	
	
Resposta correta?	7 sim e 1 não (T2).
Problemas e dificuldades	<ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade em ler Braille; - Difícil decorar os nomes na legenda. <p>☞ “Como eu tenho resquício visual, eu comecei a aprender tarde o Braille” (T2 sobre a dificuldade em compreender o Braille).</p>
Sugestões	Nenhuma.
Pontos positivos	<ul style="list-style-type: none"> - Não tiveram dificuldades em compreender os mapas ou localizar as regiões, exceto o T2 que tentou localizar a região apenas no tato, sem ler a legenda. - Comentários, em geral, positivos! <p>☞ “Perfeito, olha, para mim não tem erro” (T1);</p> <p>☞ “O Braille está muito bom [...] bem aceso. Aceso é um Braille nítido para ler, porque geralmente não acontece nos livros de cegos, né, de tanto o cego esfregar o dedo de lá para cá, o Braille fica meio apagadão” (T3).</p>

MAPA ESTATÍSTICO



Resposta correta?	7 sim e 1 não (T8).
Problemas e dificuldades	<ul style="list-style-type: none"> - T1, T5 e T6 confundiram a letra "A" com o número "1"; - T1 e T7 disseram que algumas texturas eram parecidas; - T8 não compreendeu as texturas; - Primeira e última texturas parecidas; - Necessária a adaptação para diferenciar as texturas. <p>☞ "Eu senti mais dificuldade na textura, esse com esse, que é parecido" (T1);</p> <p>☞ "Como você tem o contato pela primeira vez, parece que te engana [...] até o tato se acostumar [...], mas dá para perceber perfeitamente" (T7).</p>
Sugestões	Nenhuma.
Pontos positivos	<ul style="list-style-type: none"> - 7 localizaram todas as texturas, 1 não (T8); - 5 não tiveram dificuldades para localizar as texturas; <p>☞ "Parece jogo da memória, né?" (T6).</p>

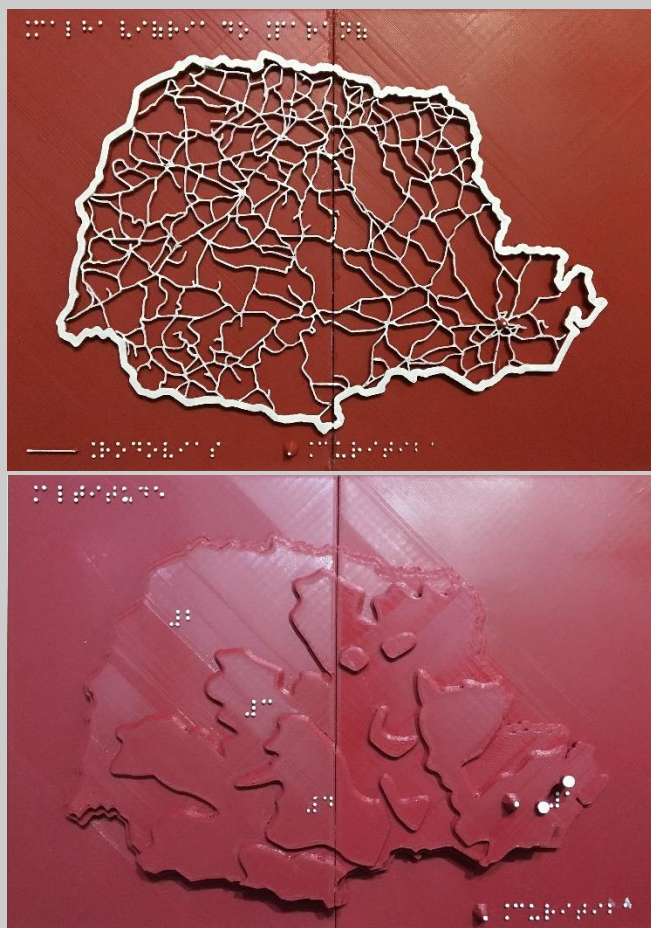
MAPA DE ROTAS



Resposta correta?	8 sim.
Problemas e dificuldades	<ul style="list-style-type: none"> - 7 tiveram problemas com a legenda abaixo do mapa - ou não localizaram ou confundiram como parte do mapa; - T1 e T5 tiveram dificuldades com a abreviação de São José dos Pinhais; - T8 achou que existia muita informação no mapa e que algumas informações estavam muito apertadas para a leitura; - Tiveram dificuldades em localizar algumas cidades. <p>🗣️ “Acho que isso aqui precisa é o cego treinar muito com a orientação de alguém, que ele é bem completo e tem muito obstáculo para você localizar” (T8);</p> <p>🗣️ “É que o A tá bem apertadinho aqui [...] tá muito encostado aqui e quase não deixa seu dedo chegar no A” (T8).</p>
Sugestões	<ul style="list-style-type: none"> - Evidenciar melhor Curitiba - outro tipo de ponto; - Colocar Curitiba na legenda junto com as outras imagens; - Informações apertadas e/ ou nos cantos atrapalham a percepção, afastar um pouco; - Ter alguém para treinar o cego na leitura dos mapas. <p>🗣️ “Eu acho que essa aqui de Curitiba, por ser o ponto mais alto, poderia ser um tipo diferente, sabe, um alfinete, porque tem bastante que é parecido [...] acho que poderia dar um destaque maior” (T3).</p>
Pontos positivos	<ul style="list-style-type: none"> - Após a dificuldade inicial, conseguiram localizar as cidades, alguns mais facilmente do que outros; - T8 achou mais fácil do que o mapa de temperatura. <p>🗣️ “Com a prática, eu acredito que seja uma situação bem interessante para</p>

desenvolver o aprendizado de quem não tem a visão” (T2);
 👤 “Pra Maringá e Londrina é reto, pra Apucarana faz um desvio!” (T4).

MAPA ESTATÍSTICO DE ROTAS



Resposta correta?

Mapa 1 - malha viária: 6 sim e 2 não (T6 e T7);
 Mapa 2 - relevos: 7 sim e 1 não (T8).

Problemas e dificuldades

- Confundiram a legenda do mapa de malha viária como sendo parte do mapa;
- 2 confundiram o hífen como sendo sinal de subtração;
- T1, T4, T5 e T8 não encontraram o relevo mais baixo do mapa;
- T8 achou muita informação no mapa da malha viária;
- 6 tiveram dificuldades na localização do relevo mais baixo
- 2 tiveram dificuldades em encontrar Curitiba como ponto mais alto no mapa da malha viária;
- T8 precisa de ajuda de um professor.

👤 “Esse aqui entre o 200 e 500 é um menos [sinal de subtração]?” (T5);

👤 “Você pode me dar uma dica? porque eu não estou conseguindo” (T6).

Sugestões

- No mapa da malha viária, colocar os nomes das rodovias, nem que seja das principais;

	<ul style="list-style-type: none"> - Malha viária, colocar o nome de Curitiba no próprio mapa; - Evidenciar melhor o Braille do relevo mais baixo; - Ter alguém para explicar melhor. <p>☞ <i>“Eu acho assim, que mesmo que você tenha isso aqui, precisa da explicação de alguém [...], porque a gente não visualiza, então...tatear isso aqui, ele vai te trazer algumas informações, agora... é necessário junto uma explicação para que você possa entender melhor” (T8).</i></p>
Pontos positivos	<ul style="list-style-type: none"> - 6 encontraram Curitiba nos mapas; - 3 sem dificuldades em entender o mapa de relevos. <p>☞ <i>“Por exemplo, aqui seriam duas estradas? Ai essa entraria nessa também. Legal” (T1);</i></p> <p>☞ <i>“Curitiba é bem aqui no extremo do mapa” (T4).</i></p>
ENTREVISTA SEMI-ESTRUTURADA	
Problemas e dificuldades	<ul style="list-style-type: none"> - Mapa da malha viária pequeno; - Mapa da malha viária é vago e sem informações; - Braille próximo do relevo atrapalha a leitura; - T1 e T7 tiveram problemas para diferenciar texturas; - T6 teve dificuldade com os relevos; - T3 teve dificuldade em encontrar Braille que estivesse em um canto (relevo mais baixo do mapa 5); - T2 teve dificuldade para se acostumar com o Braille em um novo material, está acostumado com papel e metal. <p>☞ <i>“Senti um pouco de dificuldade com o Braille nessa questão da textura do material” (T2).</i></p>
Sugestões	<ul style="list-style-type: none"> - Diferenciar melhor as texturas; - Aumentar o tamanho das imagens 4 e 5; - Indicar o oceano no mapa; - Fazer 2 ou 3 imagens do mapa da malha viária; - Colocar o nome das rodovias no mapa 3 e 4; - Colocar mais legenda possível; - Explicar mais sobre os mapas; - Colocar o nome de Curitiba próximo do ponto ou na legenda; - Ter um professor acompanhando. <p>☞ <i>“Eu pude entender, deu para manipular, mas é aquilo, acho que precisa para você entender realmente, tem que ter alguém, né, para estar acompanhando. Mas ele realmente abre um caminho bem grande para você entender a parte de Geografia” (T8);</i></p> <p>☞ <i>“Tentar colocar mais legenda possível” (T3).</i></p>

Pontos positivos	<ul style="list-style-type: none"> - Todos consideraram o tamanho adequado, com exceção dos comentados acima; - Todos consideraram que manter o mesmo leiaute é positivo; - Gostaram da experiência, alguns consideraram melhor do que o material que tinham na escola; - Legenda está adequada; - Braille estava legível, nítido e adequado; - Ter elevação e 3D é interessante, precisa ter uma adaptação mas é positivo para o aprendizado. <p>☞ “São diferentes e muito bem elaboradas” (T7);</p> <p>☞ “Ah para mim foi completamente diferente, porque a gente nunca...pelo menos eu cego na escola...isso aqui vai ajudar muito, vai fazer muita diferença, porque a gente teve sempre no papel e feito mais ou menos, mas esse aqui diferencia muito, é bem real” (T1).</p>
-------------------------	--

FONTE: a autora (2018).

A partir dos testes realizados e, tendo seus dados compilados, percebeu-se que algumas dificuldades e sugestões poderiam se tornar novas recomendações para o modelo de tradução, atualizando assim o modelo para uma terceira, e última, versão.

6.4. ATUALIZAÇÃO DO MODELO DE TRADUÇÃO

Com a finalidade de propor novas recomendações para o modelo de tradução, todos os problemas encontrados e sugestões dadas pelos participantes nos testes, tanto do piloto quanto no teste de compreensão, foram tabulados. Os problemas ou sugestões similares e/ou iguais foram incorporados, evitando redundância. Também passaram por um filtro quanto a aplicabilidade no modelo de tradução, pois certos problemas ou sugestões extrapolam o âmbito da tradução da imagem tátil (como por exemplo, ter um professor presente na leitura da imagem).

A partir disso, problemas e sugestões foram agrupados nos 3 níveis do modelo de tradução. Por fim, foram transformados em recomendações a serem atualizadas no modelo. A figura 59 ilustra o processo.

FIGURA 59 - Processo de transformação dos problemas e sugestões em recomendações.



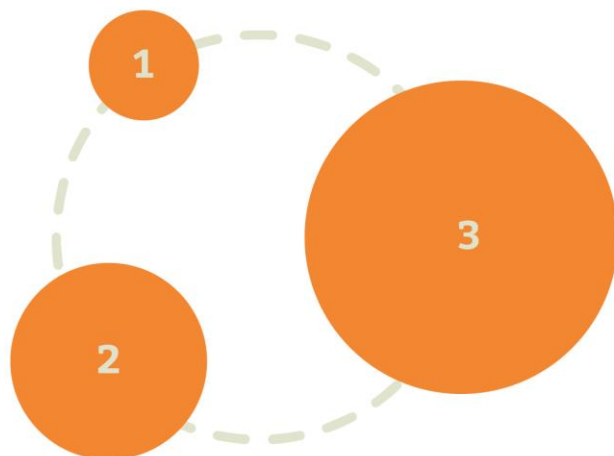
FONTE: a autora (2018).

Com problemas e sugestões agrupados dentro dos 3 níveis do modelo de tradução (representação gráfica, objetos gráficos e estrutura espacial), estes foram associados quanto às suas naturezas, como demonstra a figura 60.

FIGURA 60 - Natureza dos problemas e sugestões.

Nível 1**Representação gráfica**

Estilo da imagem tátil;
Assuntos das imagens táteis.

**Nível 2****Objetos gráficos**

Simplificação;
Braille;
Texturas;
Símbolos iguais.

Nível 3**Estrutura espacial**

Referências espaciais;
Rótulos;
Legenda;
Diferentes relevos;
Pós-processamento;
Tamanho das imagens táteis.

FONTE: a autora (2018).

Como observado pela RGS, a menor quantidade de problemas foi inserida no nível 1, ao passo que a maior quantidade foi encaixada no nível 3 do modelo de tradução. No total, 29 problemas e sugestões foram catalogados. No nível 3, legendas e rótulos foram os mais problemáticos, totalizando 13 problemas e sugestões.

Finalizando o processo, os problemas e sugestões foram transformados em recomendações para a tradução de imagens táteis, para serem depois incorporados no modelo de tradução. A partir dos 29 problemas e sugestões catalogados, 18 recomendações foram sugeridas. O quadro 10 apresenta todos os problemas e sugestões e suas respectivas recomendações.

QUADRO 10 - Novas recomendações para tradução tátil.

PROBLEMAS E SUGESTÕES	RECOMENDAÇÕES
Nível 1 - Representação gráfica	
- Fazer uma versão quebra-cabeça.	É possível fazer uma imagem tátil fixa e com base, mas outros estilos também podem ser aplicados, como quebra-cabeça ou globo.
- Fazer 2 ou 3 imagens do mapa da malha viária; - Separar altitudes em mapas diferentes.	Uma imagem com muitas informações, mesmo que do mesmo assunto, pode ser dividida em 2 ou mais imagens táteis.
PROBLEMAS E SUGESTÕES	RECOMENDAÇÕES
Nível 2 – Objetos gráficos	
- Mapa da malha viária é vago e sem informações.	Atentar para que não se tire informações essenciais e deixe a imagem sem sentido.
- Muitos detalhes e informações, ou informações apertadas/no canto.	Se uma imagem precisa manter muitos detalhes, considere dividir em mais imagens táteis.
- Espaçamento das palavras em Braille – algumas parecem juntas.	Confira o espaçamento das palavras em Braille, se estão uniformes.
- Texturas parecidas (principalmente primeira e última).	Utilize texturas com o maior contraste possível entre elas.
- Evidenciar melhor Curitiba com outro tipo de ponto.	Por exemplo, para capitais e outras cidades, considere usar outro símbolo ao invés de variar o tamanho do mesmo.
PROBLEMAS E SUGESTÕES	RECOMENDAÇÕES
Nível 3 - Estrutura espacial	
- Faltam referências espaciais ao redor do mapa (localização do oceano e estados vizinhos).	Indique referências espaciais básicas ao redor de mapas, por exemplo, oceanos ou estados vizinhos.
- Colocar nomes das rodovias, nem que sejam as principais; - Colocar sinalização em todas as áreas elevadas, mesmo que sejam redundantes.	Rótulos devem estar presentes em todos os elementos ou áreas utilizados na imagem tátil, mesmo que sejam redundantes.

<ul style="list-style-type: none"> - Indicar os nomes das rodovias através de traços ou sinais diferentes; - Colocar abreviações ao invés de letras em Braille. 	<p>Rótulos podem ser indicados por caracteres em Braille (letras, números, abreviações ou nomes inteiros) ou símbolos.</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Evidenciar melhor o Braille do relevo mais baixo. 	<p>Em relevos baixos, evidencie o rótulo para evitar que o mesmo fique escondido.</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Colocar Curitiba na legenda junto com as outras cidades; - Legendas devem ficar juntas; - Legenda abaixo do mapa ou não foi identificada ou causou confusão. 	<p>Todas as legendas devem ser impressas juntas, porém, devem estar separadas da imagem tátil.</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Legenda explicando como ler o mapa, dando orientações, explicando cada elemento; - Falta de indicações de como a legenda está configurada. 	<p>Se possível, faça uma breve explicação no início da legenda de como ela está configurada e como a imagem deve ser lida.</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade em entender abreviações de S. J. dos Pinhais. 	<p>Evite usar abreviações na legenda.</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Confusão do hífen como sinal de subtração; - Confusão entre letra A e número 1. 	<p>Confira a grafia Braille ao fazer a legenda.</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Diminuir a linha tracejada para ficar do tamanho do Braille; - Diferenciar o relevo da estrada com o da borda; - Relevo mais baixo foi difícil de encontrar e deixou a legenda escondida; - Pouca diferença entre a altura da borda do mapa com a altura das estradas. 	<p>Ao utilizar diferentes relevos na imagem, confira se há áreas pequenas pouco elevadas e se há distinção evidente entre os relevos. A altura mínima pode acompanhar a altura do Braille.</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Material é áspero para usar por muito tempo. 	<p>Quanto maior o tempo de uso da imagem (por vez e por pessoa), mais suave deve ser a imagem tátil.</p>
<ul style="list-style-type: none"> - Espaçamento pequeno entre estradas no mapa da malha viária - Aumentar imagens 4 e 5. 	<p>Leve em consideração de o tamanho da imagem condiz com sua escala. Aumente se necessário.</p>

FONTE: a autora (2018).



Já com as recomendações tabuladas, o modelo de tradução pode, por fim, ser atualizado em sua terceira versão - a versão final. Foi definido em 10 páginas A4, diagramadas na sequência: introdução, fluxograma, nível 1 (representação gráfica), nível 2 (objetos gráficos), nível 3 (estrutura espacial), checklist final, exemplos de texturas e linhas, Braille, glossário e, exemplos de imagens táteis.

Todos os componentes são apresentados a seguir, expondo indicações de todos os elementos

que foram modificados ou inseridos desde a versão inicial, seguindo a legenda da figura 61, e começando pela introdução e fluxograma (FIGURA 62). As informações novas inseridas no modelo estão indicadas pela cor laranja, enquanto informações que foram alteradas e atualizadas estão associadas pela cor azul.

FIGURA 61 – Legenda das alterações entre as versões inicial e final.

ALTERAÇÕES ENTRE AS VERSÕES INICIAL E FINAL

-  Informações e/ou recomendações completamente novas.
-  Informações e/ou recomendações alteradas e atualizadas.

FONTE: a autora (2018).

FIGURA 62 - Primeira página do modelo de tradução – versão final.

Modelo de tradução | Imagens estáticas 2D em imagens táteis 3D

Utilize este modelo antes e durante a modelagem da imagem tátil. O propósito do uso do modelo é garantir que o aluno cego tenha acesso equivalente ao material didático disponível para alunos videntes. Para facilitar o entendimento ele está dividido em três níveis, um checklist e quatro apêndices, sendo:

Nível 1 - Representação gráfica: Descrição geral da imagem estática, bem como listagem de elementos a serem traduzidos e recursos disponíveis para a impressão da imagem tátil.

Nível 2 - Objetos gráficos: Tradução das variáveis táteis da imagem - ponto, linha, área e volume.

Nível 3 - Estrutura espacial: Composição de elementos na imagem tátil, como posição e escala.

Checklist: Revisão final da tradução antes da impressão 3D.

Apêndice A: Exemplos de texturas e linhas.

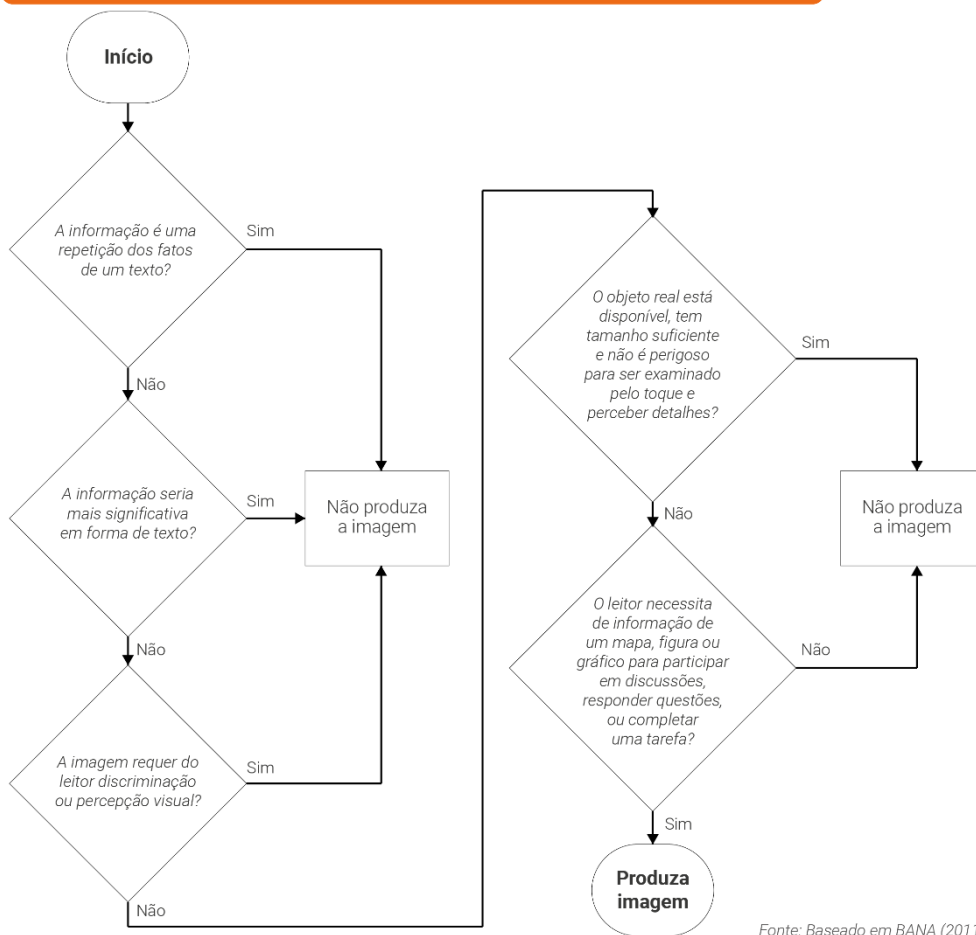
Apêndice B: Braille.

Apêndice C: Glossário.

Apêndice D: Exemplos de imagens táteis.

SANCHES (2018)

Como primeiro passo, verifique através do fluxograma abaixo a necessidade de tradução da imagem. Em caso positivo, siga este modelo como rota para uma tradução tátil.



FONTE: a autora (2018).

Nesta primeira página, o modelo se inicia através de uma breve explicação de seu objetivo e seus componentes, para depois dar espaço ao fluxograma de decisão, onde o usuário define se é necessária ou não a tradução tátil. Em caso positivo, passa-se para o nível 1 (FIGURA 63).

FIGURA 63 - Segunda página do modelo de tradução – versão final.

Nível 1 - Representação Gráfica

Fonte:	Série escolar:
---------------	-----------------------

Tipo de representação gráfica: *Selecione uma opção.*

Primário	<input type="radio"/> Mapa	<input type="radio"/> Gráfico de tempo	<input type="radio"/> Tabela
	<input type="radio"/> Figura	<input type="radio"/> Diagrama de ligações	<input type="radio"/> Símbolo
	<input type="radio"/> Gráfico estatístico	<input type="radio"/> Diagrama de agrupamento	<input type="radio"/> Texto
Híbrido	<input type="radio"/> Mapa estatístico	<input type="radio"/> Gráfico estatístico de tempo	
	<input type="radio"/> Mapa de rotas	<input type="radio"/> Diagrama estatístico de ligações	
	<input type="radio"/> Mapa estatístico de rotas	<input type="radio"/> Diagrama de ligações cronológico	

Quantos assuntos são abordados na imagem estática 2D? *Selecione uma opção.*

1 2 3 ou mais

Recomenda-se a produção de 1 imagem tátil.
Recomenda-se a divisão em 2 ou mais imagens táteis.

Exemplo: mapa apresenta população e altitude em uma mesma imagem (2 assuntos)

Se necessário, uma imagem com muitas informações, mesmo que do mesmo assunto, pode ser dividida em 2 ou mais imagens táteis.

Dentre os recursos necessários, quais são os disponíveis? *Selecione quantas opções forem necessárias.*

Verba Local para uso das imagens táteis Computador
 Impressora 3D Local para armazenamento do modelo digital Outros. Quais? _____
 Modeladores digitais Local para armazenamento do modelo físico _____

A impressora 3D que será utilizada possui limitações? *Selecione quantas opções forem necessárias.*

Tamanho máximo de impressão: _____ Outras. Quais? _____
 Material disponível para uso: _____
 Necessidade de pós-processamento _____

Quais os elementos da imagem estática a serem traduzidos? *Selecione quantas opções forem necessárias.*

Considere o objetivo educacional da imagem. Caso necessite, busque ajuda de um especialista.

Pontos Símbolos Título
 Linhas Flechas Escala
 Áreas Rótulos (nomes) Norte geográfico
 Frases Outros. Quais? _____

Qual será o estilo da imagem tátil?

Fixo, a partir de uma base Quebra-cabeça Globo
 Outro. Qual? _____

FONTE: a autora (2018).

Aqui, a tradução efetivamente se inicia, através do Nível 1 - Representação gráfica. Define-se o tipo de representação gráfica, descreve-se a figura, a fonte e a série escolar pretendida, além de definir quantas imagens táteis serão necessárias para a tradução da imagem estática. Também estipula quais são os recursos necessários e quais os disponíveis, inclusive, da impressora 3D. Por fim, o usuário define

quais os elementos da imagem estática a serem traduzidos e qual será o estilo da imagem tátil. Após, segue-se para o nível 2 (FIGURA 64).

FIGURA 64 - Terceira página do modelo de tradução – versão final.

Nível 2 - Objetos Gráficos

Os elementos abaixo, em geral, podem ser simplificados.

Quais desses existem na imagem? Selecione quantas opções forem necessárias.

- Bordas decorativas : Excluir bordas, exceto por bordas de referência.
- Itens decorativos : Excluir das imagens táteis.
- Áreas ou itens pequenos : Excluir, substituir por Braille, ou elevar a área.
- Áreas similares próximas uma das outras : Agrupar em uma área só.

Atente e mantenha os detalhes essenciais que dão sentido para a imagem. Se uma imagem possuir muitos detalhes importantes, considere dividir em mais imagens táteis.

Exemplo 1: uma borda decorativa que não possui relação direta com a imagem deve ser excluída.

Exemplo 2: em um mapa, pequenas ilhas, cidades menores ou rios poderão ser excluídos ou transformados em uma só área na imagem tátil.

Quais dos elementos abaixo serão utilizados na imagem tátil? Selecione quantas opções forem necessárias.

- Pontos : Tamanho mínimo de 6 mm. Máximo de 13 mm. Em geral, usa-se até 5 estilos diferentes. Verificar exemplos de texturas, linhas, flechas e alfabeto Braille ao final do documento.
- Símbolos : Tamanho mínimo de 10x10 mm, com contorno ou formas sólidas. Utilize diferentes orientações de forma para diferenciar, se necessário.
- Formas geométricas : Formas básicas (quadrado, círculo, retângulo) podem ser combinadas com de maior complexidade, como símbolos. 2D ou 3D.
- Linhas : Tamanho mínimo do comprimento é de 12,5 mm. Em geral, usa-se até 5 estilos diferentes.
- Linhas tracejadas : Possui entre 6 mm até 10 mm de tracejado, com pelo menos metade do tamanho de espaço entre traços.
- Flechas : São representadas com um triângulo fechado ou ponta de flecha aberta.
- Áreas : A área mínima é de 6 mm². Pequenas áreas são elevadas além das outras, para indicar destaque. Podem ser representadas por texturas.
- Texturas : Em geral, usa-se até 5 texturas por imagem, com o maior contraste possível. Para além de 5, utilize caracteres em Braille.
- Braille : O diâmetro do ponto é de 2 mm e possui altura de 0,65 mm. A célula Braille possui largura de 4,7 mm e altura de 7,4 mm. Utilize fonte disponibilizada ao final do documento. Confira se o espaçamento entre as palavras está uniforme.

Serão utilizados formas ou símbolos iguais na mesma imagem tátil? Sim Não

Se **sim**, utilizar até 3 tamanhos distintos para elementos, se for necessário diferenciá-los. Para capitais e cidades, considere utilizar outro símbolo ao invés de variação no tamanho.

Serão utilizados elementos tridimensionais na imagem tátil? Sim Não

Se **sim**, combinar os elementos 3D com pontos, linhas e texturas.

FONTE: a autora (2018).

No Nível 2 - Objetos gráficos, o usuário recebe recomendações sobre simplificação dos objetos gráficos da imagem estática, e define quais os elementos táteis serão utilizados (texturas, Braille, ponto, linha, área, etc.). Também recebe recomendações sobre formas iguais e elementos 3D. Em seguida,

passa-se ao próximo nível (FIGURA 65).

FIGURA 65 - Quarta página do modelo de tradução – versão final.

Nível 3 - Estrutura Espacial

O tamanho da imagem tátil precisa ser definido? Sim Não

Se **sim**, o tamanho médio de uma imagem tátil é de 280x290 mm. Deve ter tamanho suficiente para o entendimento do conteúdo, levando em consideração a escala. Modifique de acordo com a necessidade.

A imagem estática apresenta medidas exatas de algum artefato? Sim Não

Se **sim**, evitar fazer mudanças de layout, forma ou posição dos elementos.

Quais dos elementos abaixo serão utilizados na imagem tátil? *Selecione quantas opções forem necessárias.*

Escala

Localizada no canto superior esquerdo. Se uma imagem 2D contém escala, aumentar proporcionalmente para o tátil, se necessário. Também pode-se definir a escala pelo nível de detalhe pretendido e o tamanho final da imagem tátil.

Profundidade/elevação

Utilize elementos 3D ao invés de camadas. Confira se os relevos tem distinção evidente e se áreas pequenas estão elevadas. A altura mínima pode ser a mesma do Braille.

Norte geográfico

Localizado no canto superior esquerdo.

Legenda

É impressa separada da imagem tátil. As informações seguem a sequência: texturas; linhas; pontos e símbolos; letras do alfabeto; caracteres numéricos. Mantenha todas as informações em apenas uma legenda. Explique como a legenda está configurada e como a imagem deve ser lida, se houver espaço. Evite abreviações. Confira a grafia Braille em caso de dúvidas.

Título

Localizado no canto superior esquerdo. Obrigatório caso haja título na imagem estática.

Rótulos

Apresentados entre 3 e 6 mm de distância do componente, ou acompanham linha de 20 mm até o componente a ser rotulado. Manter 3 mm de margem entre um rótulo e uma textura. Caso não haja espaço, troque por Braille ou símbolos. Devem estar presentes em todos os elementos ou áreas utilizados, mesmo que redundantes. Podem ser caracteres em Braille (letras, números, abreviações, nomes inteiros) ou símbolos. Evidencie o rótulo em relevos baixos.

Referências espaciais

Indique referências espaciais básicas ao redor dos mapas, por exemplo, oceanos, países e estados vizinhos.

A imagem estática está em perspectiva? Sim Não

Se **sim**, a perspectiva deve ser transformada para vista frontal e/ ou lateral.

Há informações que não estão na imagem, mas são essenciais para a compreensão? Sim Não

Se **sim**, informações secundárias e notas de tradução são incluídas como pequenos textos adjacentes.

A imagem estática será dividida em 2 ou mais imagens táteis? Sim Não

Exemplo: o rio em um mapa serve como marca para a divisão

Se **sim**, criar uma imagem tátil simplificada representando a totalidade. Se foram separada pelo conteúdo, crie pontos de referências iguais em todas as imagens. Se foram divididas pelo tamanho, use divisão por quadrantes, pelo meio ou por uma marca significativa na imagem.

FONTE: a autora (2018).

No Nível 3 - Estrutura espacial, o usuário define questões em relação ao tamanho da imagem tátil, escala, legendas, título, rótulos, referências espaciais, norte geográfico e também sobre recomendações de perspectiva. Também aborda sobre informações necessárias para a compreensão,

e como proceder caso a imagem estática tenha sido dividida em 2 ou mais imagens táteis. Esse nível continua na próxima página, que também traz o *checklist* final (FIGURA 66).

FIGURA 66 - Quinta página do modelo de tradução – versão final.

Nível 3 - Estrutura Espacial CONTINUAÇÃO

Será feito um conjunto de imagens táteis? Sim Não

Exemplo: imagens de um texto ou livro formam um conjunto.

Se **sim**, definir leiaute para o conjunto de imagens táteis.
Manter a mesma escala para o conjunto, além de manter consistência nos elementos.
Se necessário, criar uma imagem tátil que faça a relação entre o conjunto todo.

A impressora 3D a ser utilizada requer pós-processamento? Sim Não

Se **sim**, utilizar pós-processamento para que a impressão não fique áspera ou muito lisa.
Quanto maior o tempo de uso da imagem tátil (por vez e por pessoa), mais suave deve ser ao toque.

Checklist final

Faça a revisão da imagem tátil antes de enviar para a impressão 3D.

Nível 1 - Representação gráfica

- A imagem tátil aborda no máximo 2 assuntos distintos.
- Todos os recursos necessários para a impressão 3D foram providenciados.
- A imagem tátil é menor do que o tamanho máximo da impressora 3D, ou está dividida em partes.

Nível 2 - Objetos gráficos

- Elementos não essenciais foram simplificados.
- Os elementos necessários foram traduzidos para a imagem tátil. *Considere os mesmos marcados no nível 2.*
 - Pontos
 - Símbolos
 - Formas geométricas
 - Linhas
 - Linhas tracejadas
 - Flechas
 - Áreas
 - Texturas
 - Braille
- Os elementos respeitam as dimensões e recomendações propostas.

Nível 3 - Estrutura espacial

- Um leiaute foi definido para a imagem tátil.
- Os elementos necessários foram traduzidos para a imagem tátil. *Considere os mesmos marcados no nível 3.*
 - Norte geográfico
 - Escala
 - Título
 - Legenda
 - Profundidade/elevação
 - Rótulos (nomes)
- Os elementos respeitam as dimensões e recomendações propostas.
- Os rótulos (nomes) foram traduzidos para o Braille.
- Textos ou notas secundárias estão definidas e traduzidas para o Braille.
- A imagem tátil simplificada, que representa a totalidade de um conjunto, foi criada.

FONTE: a autora (2018).

Na continuação do Nível 3, duas questões abordam o conjunto de imagens táteis e também o pós-processamento. Em seguida, o *checklist* final traz resumidamente os elementos mais importantes

da tradução, para que o usuário confira se está de acordo com as recomendações propostas. A partir daqui, o modelo de tradução entra em seus apêndices, a começar pelos exemplos de texturas e linhas (FIGURA 67).

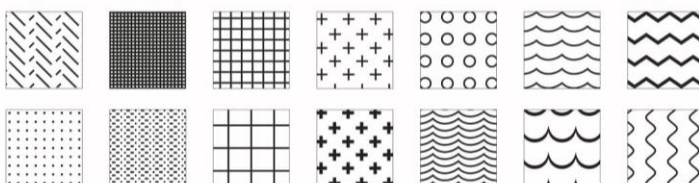
FIGURA 67 - Sexta página do modelo de tradução – versão final.

Exemplos de texturas e linhas

Fonte: BANA (2011)

Texturas

Grupo A: esse grupo pode ser utilizado livremente ou com texturas de outros grupos.



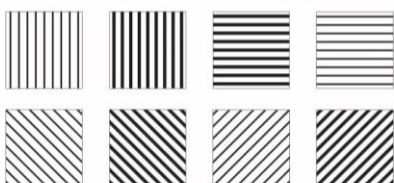
Grupo B: use apenas 1 textura do grupo.



Grupo E: use apenas 1 textura do grupo.



Grupo C: use apenas 1 textura do grupo.



Grupo F: use apenas 1 textura do grupo.



Grupo G: use apenas 1 textura do grupo.



Grupo D: use apenas 1 textura do grupo.



Grupo H: use apenas 1 textura do grupo.



Linhas e setas

Linhas especiais.



Exemplo de linhas.



Exemplo de tracejados.



Exemplo de setas.



FONTE: a autora (2018).

Aqui, o usuário tem referências de texturas a serem usadas, que se dividem em grupos, de acordo com sua semelhança. Também possui referências de linhas contínuas e tracejadas, além de setas. Em seguida, o segundo apêndice aborda o Braille (FIGURA 68).

FIGURA 69 - Oitava página do modelo de tradução – versão final.

Glossário Fontes: BANA (2011), Cunico (2015), Engelhardt (2002), MEC (2006), Michaelis (2017)

Bidimensional (2D): que tem duas dimensões.

Braille: sistema de escrita em relevo constituído por 63 sinais formados por pontos em um conjunto matricial. O conjunto é formado por 6 pontos.

Diagrama de agrupamento: representação gráfica onde a estrutura expressa a categorização de grupos de elementos.

Diagrama de ligações: representação gráfica cuja estrutura sintática é composta de ligações.

Diagrama de ligações cronológico: representação gráfica que se qualifica tanto como diagrama de ligações quanto gráfico de tempo.

Diagrama estatístico de ligações: representação gráfica que se qualifica tanto como gráfico estatístico como diagrama de ligações.

Escala: a razão entre a área ou dimensões da imagem em relação ao objeto real ou área que representa.

Estrutura espacial: espaço gráfico visível composto pelos objetos gráficos e suas relações.

Figura: representação gráfica cujo propósito é apresentar a estrutura física de um objeto físico. Pode apresentar elementos distorcidos ou representações literais.

Gráfico de tempo: representação gráfica onde a estrutura é criada para apresentar a passagem do tempo.

Gráfico estatístico: representação gráfica cuja estrutura serve para apresentar ou comparar quantidades.

Gráfico estatístico de tempo: representação gráfica que se qualifica tanto como gráfico de tempo quanto gráfico estatístico.

Imagem estática: imagem que não possui movimento. Exemplo: foto ou mapa.

Imagem tátil: versão da imagem estática traduzida e adaptada para o sentido tátil.

Impressão 3D: tecnologia de fabricação de objetos em três dimensões, através da adição de material camada por camada.

Legenda: a listagem sistemática dos elementos, e suas explicações, em uma imagem tátil.

Leiaute: esboço e planejamento da disposição dos objetos na imagem tátil.

Mapa: representação gráfica cujo propósito é representar um arranjo físico em uma superfície geográfica. O espaço métrico do mapa pode ser distorcido ou envolver representações literais do espaço físico.

Mapa de rotas: representação gráfica que se qualifica tanto como mapa quanto como diagrama de ligações.

Mapa estatístico: representação gráfica que se qualifica tanto como mapa quanto como gráfico estatístico.

Mapa estatístico de rotas: representação gráfica que se qualifica tanto como mapa de rotas quanto diagrama estatístico de ligações.

Norte geográfico: símbolo ou letra que representa o sentido norte da imagem, geralmente um mapa.

Notas de tradução: um texto preliminar que explica situações especiais de tradução ou uso da imagem.

Objeto gráfico: elemento que, junto com outros objetos, compõe a representação gráfica. O objeto gráfico contém atributos visuais e/ou táteis, como tamanho, forma, cor.

Pós-processamento: etapa de finalização da peça impressa em 3d, como lixamento, suavização e correção de erros.

Representação gráfica: um artefato visível, bidimensional, criado para expressar uma informação.

Rótulo: um objeto gráfico que está ancorado em outro através de agrupamento ou conectores, que serve para nomear e identificar o objeto.

Símbolo: item que representa outra coisa. Exemplo: símbolo do Norte Geográfico.

Tabela: representação gráfica cujo objetivo é apresentar a combinação entre os elementos dispostos na vertical e na horizontal.

Texto: representação gráfica onde os objetos gráficos são expressões de uma língua.

Textura: um padrão tátil que representa uma área na imagem tátil.

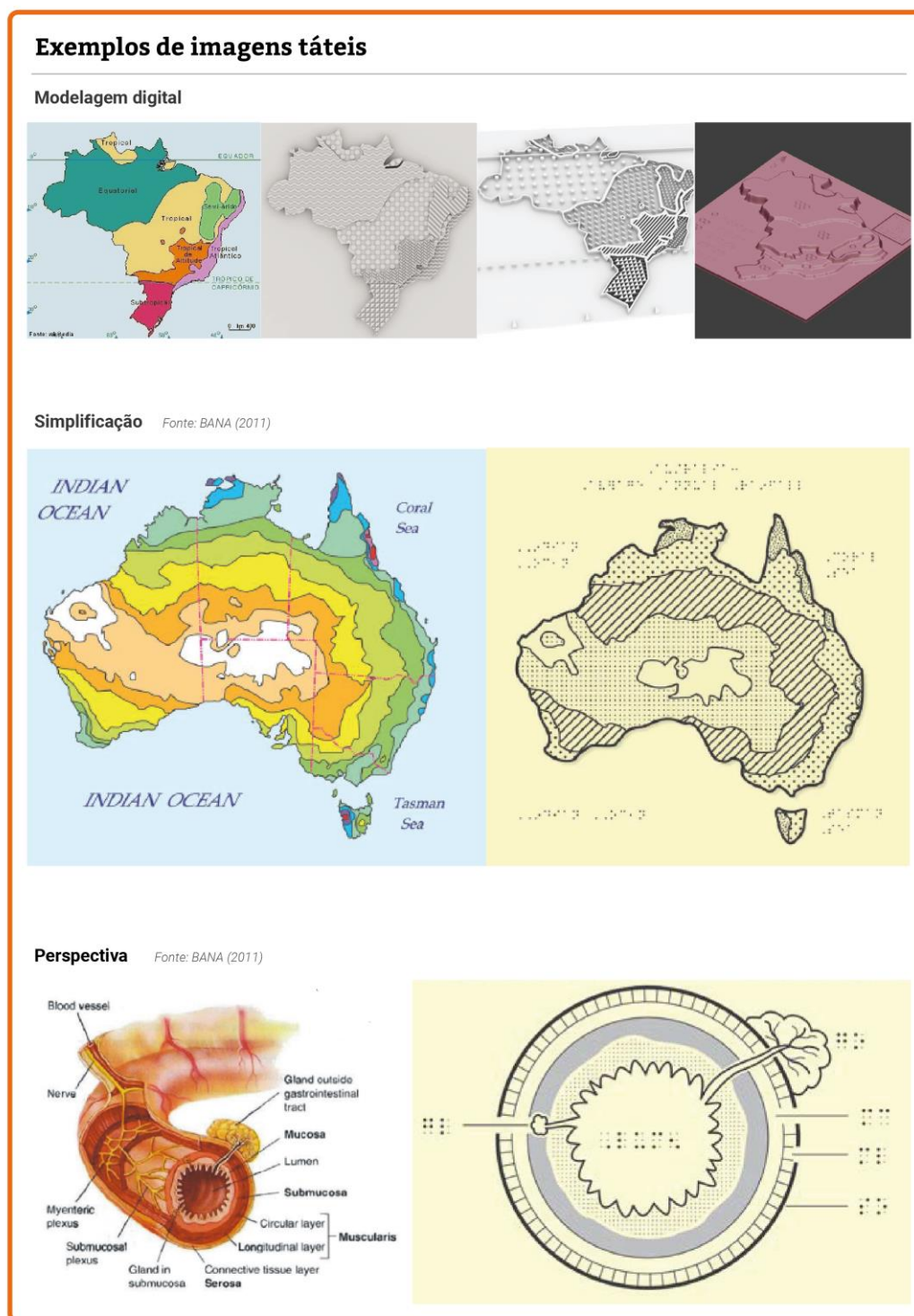
Título: uma linha de texto que indica o conteúdo da imagem.

Tridimensional (3D): que tem três dimensões: comprimento, altura e largura.

FONTE: a autora (2018).

No Glossário, 33 termos são esclarecidos, dentre eles todos os tipos de representação gráfica e termos como rótulo e objeto gráfico. Já o último apêndice apresenta exemplos de imagens táteis (FIGURA 70).

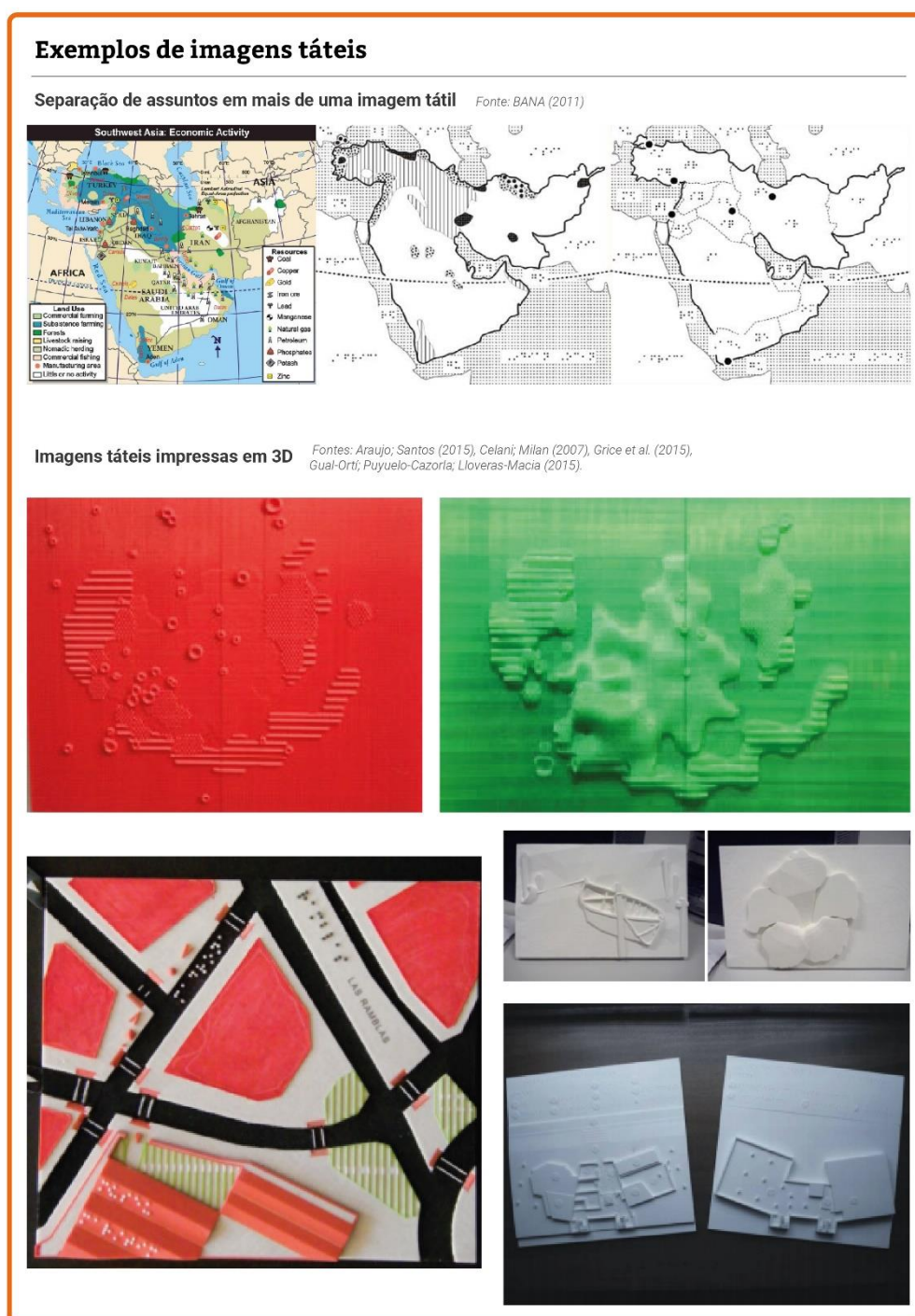
FIGURA 70 - Nona página do modelo de tradução – versão final.



FONTE: a autora (2018).

Os exemplos de imagens táteis se dividem em duas páginas no modelo de tradução. Na primeira página, exemplos são dados de modelagens digitais, assim como exemplos de simplificação e perspectiva. A seguir, apresenta-se a última página (FIGURA 71).

FIGURA 71 - Décima página do modelo de tradução – versão final.



FONTE: a autora (2018).

Finalizando o modelo de tradução, a última página continua com exemplos de imagens táteis, aqui ilustrando um exemplo de separação de assuntos em mais de uma imagem tátil e, imagens táteis impressas em 3D.

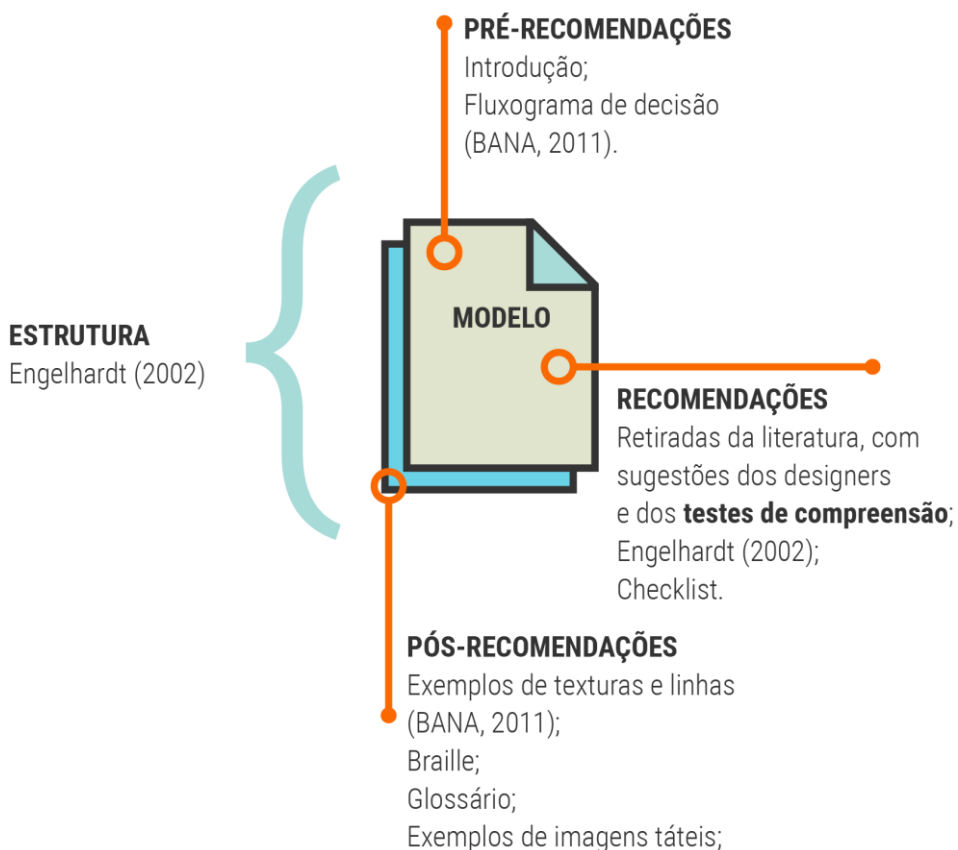
Concluindo, a figura 72 ilustra a estrutura de composição do modelo de tradução em sua última

versão.

FIGURA 72 - Composição do modelo de tradução, versão final.

COMPOSIÇÃO DO MODELO DE TRADUÇÃO

(*versão final*)



FONTE: a autora (2018).

Através de 3 versões diferentes: (1) versão inicial teórica; (2) versão secundária com ajustes dos testes com designers e (3) versão final com ajustes dos testes de compreensão, o modelo de tradução alcança o objetivo geral desta pesquisa, que foi **propor um modelo de tradução de imagens estáticas bidimensionais, existentes em objetos de aprendizagem, em imagens táteis, para a acessibilidade de pessoas cegas.**

O arquivo completo do modelo de tradução descrito aqui está disponível através do *link*: <https://goo.gl/2NDJ8M>.

6.5. SÍNTESE DO CAPÍTULO

Este capítulo finaliza o detalhamento dos resultados da pesquisa, apresentando as fases 3 e 4.

O detalhamento da fase 3, testes de compreensão, se inicia através da seleção de voluntários para os testes, sendo 2 para o piloto e 8 para os testes finais, e apresenta o perfil destes voluntários – idade, escolaridade, gênero, tipo de cegueira. Em seguida, apresenta o teste piloto, descrevendo os resultados e caracterizando as mudanças no protocolo para os testes seguintes. Nos testes de compreensão, descreve os principais resultados obtidos dos 8 voluntários, como pontos positivos e dificuldades enfrentadas.

A fase 4, cruzamento e análise dos dados, finaliza o capítulo através da atualização do modelo de tradução para sua versão final, apresentando página a página do modelo e indicando quais as novas recomendações foram obtidas dos testes anteriores.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este capítulo retoma os principais aspectos da pesquisa, através de um balanço geral entre o que foi proposto e o que foi executado. Primeiramente, avalia-se os resultados através do resgate do problema e dos objetivos propostos, fazendo a relação destes com as etapas cumpridas durante a pesquisa. Em seguida, avalia-se as principais dificuldades e limitações enfrentadas para, por fim, sugerir desdobramentos de pesquisa futuros.

7.1. CONCLUSÕES

Através de uma breve contextualização acerca do sujeito cego, do seu processo de aprendizagem através de recursos didáticos táteis e de objetos de aprendizagem, propôs-se um problema de pesquisa a ser investigado: **como traduzir imagens estáticas bidimensionais, de objetos de aprendizagem, em imagens táteis, para a acessibilidade de pessoas cegas?**

A investigação, pautada por métodos de pesquisa definidos em 4 fases, tinha como meta responder a questão proposta e, para tanto, foi norteadada por um objetivo geral: **propor um modelo de tradução de imagens estáticas bidimensionais, existentes em objetos de aprendizagem, em imagens táteis, para a acessibilidade de pessoas cegas**. Considera-se que o objetivo foi alcançado de maneira positiva e satisfatória, aliando exploração de referencial bibliográfico e pesquisa de campo.

De forma a auxiliar e guiar a pesquisa para atingir seu objetivo geral, 4 objetivos específicos foram definidos, os quais foram alcançados durante as 4 fases definidas pelo método de pesquisa. A sumarização dos objetivos específicos está exposta a seguir.

O primeiro objetivo específico, **identificar necessidades da representação tátil no processo de aprendizagem de pessoas cegas em objetos de aprendizagem**, iniciou a fase 1 da pesquisa, através de um referencial teórico baseado em uma RBS e revisão de obras complementares. Obteve-se, nas obras teóricas, subsídios necessários para verificar e justificar a pesquisa, identificando estudos e dados recentes que indicam a importância do uso da percepção tátil no processo de aprendizagem de pessoas cegas. A revisão bibliográfica encontra-se nos capítulos 1, 2 e 3 (Introdução, Acessibilidade na Educação para cegos e Acessibilidade de imagens táteis), abordando aspectos como: o que é a cegueira e quais são suas particularidades, objetos de aprendizagem e diretrizes de acessibilidade, Tecnologia Assistiva, acessibilidade informacional, percepção através do tato, imagens táteis e, por fim, as impressoras 3D e seu uso para a produção de imagens táteis.

A partir da base teórica estabelecida e do primeiro objetivo específico alcançado, seguiu-se para a realização do segundo objetivo específico, **identificar abordagens e recomendações para o**

planejamento e execução de imagens táteis. Aqui, ainda na fase 1 da pesquisa, a RBS e a revisão de obras complementares foram também etapas chave para a execução da pesquisa. Com uma base teórica definida, autores que descreviam recomendações, diretrizes, o planejamento e/ou execução de imagens táteis foram selecionados. Através da tabulação desses dados encontrados, uma lista de recomendações para a tradução de imagens estáticas em imagens táteis foi estabelecida.

Essa lista de recomendações serviu como subsídio para o alcance do terceiro objetivo específico, **propor requisitos para a tradução de imagens estáticas em imagens táteis.** Através da lista de recomendações retiradas da literatura, um modelo de tradução foi proposto, ainda na fase 1 da pesquisa, modelo este diagramado através da estrutura do *framework* de Engelhardt (2002), as recomendações de tradução, um fluxograma e exemplos de texturas e linhas.

Por fim, o último objetivo específico, **validar a aplicabilidade do modelo de tradução proposto com designers e pessoas cegas,** mais extenso e dividido nas fases 1, 2, e 4 da pesquisa, teve a pesquisa de campo como apoio. Primeiramente, o modelo de tradução proposto foi testado com designers, considerados usuários potenciais do modelo, que contribuíram com sugestões de melhoria. Em seguida, para que este modelo atualizado em sua segunda versão pudesse ser testado mais uma vez, 4 imagens estáticas foram selecionadas do repositório Dia a Dia Educação, traduzidas – utilizando o modelo de tradução -, modeladas como imagem tátil e impressas em 3D. Essas imagens táteis impressas foram testadas e validadas por 10 voluntários cegos. Os dados obtidos através do teste de compreensão foram analisados e transformados em mais recomendações, fazendo com que o modelo de tradução fosse atualizado mais uma vez, em sua terceira e final versão.

Conclui-se que todos os objetivos específicos foram alcançados com satisfação e que, por essa razão, auxiliaram o cumprimento e o alcance final do objetivo geral. Portanto, o resultado final dessa dissertação responde adequadamente ao problema de pesquisa inicial, sendo então, o modelo de tradução uma resposta direta ao como traduzir imagens estáticas bidimensionais em imagens táteis.

Diante dessa dissertação, salienta-se que incluir o design da informação no processo de tradução de imagens para a acessibilidade de pessoas cegas é passo importante, visto que o modelo de tradução é resultado da aliança entre design da informação e acessibilidade.

Além disso, realizar a aproximação do designer no contexto da Educação Inclusiva é interessante e pode ser explorado em outras oportunidades, resultando em contribuições mútuas entre os envolvidos, sejam eles estudantes, professores, responsáveis por salas de recursos, designers ou outros profissionais.

Em conclusão, o modelo de tradução de imagens estáticas em imagens táteis contribuiu positivamente tanto para a área acadêmica do design da informação e acessibilidade, quanto para a Educação Inclusiva, e visou ser uma solução possível para a pergunta de pesquisa.

7.2. LIMITAÇÕES DA PESQUISA

Durante o percurso da pesquisa, algumas dificuldades foram sentidas. Em primeiro lugar, durante os testes com os designers, ficou claro que, mesmo apesar do modelo de tradução apresentar as mesmas recomendações a todos os usuários, buscando alguma padronização e sendo um guia para a pessoa traduzindo uma imagem, a tradução ainda está sujeita à subjetividade da interpretação individual.

Outra dificuldade enfrentada foi a de encontrar participantes voluntários cegos para os testes de compreensão, em especial, pessoas matriculadas no ensino regular.

Por fim, por tempo hábil e disponível, não foi possível realizar um outro teste do modelo de tradução, imprimindo novas imagens táteis com o modelo final proposto.

Apesar dos percalços, a pesquisa não foi prejudicada, tendo ela atingido com satisfação os objetivos propostos.

7.3. DESDOBRAMENTOS FUTUROS

A pesquisa aqui apresentada não tem a intenção de ser o único resultado possível ao problema apresentado e, sem dúvidas, o próprio resultado aqui descrito pode ser além investigado. Alguns desdobramentos potenciais são:

- Ampliar o modelo de tradução: o modelo proposto visa traduzir imagens estáticas em imagens táteis, porém, pode ser ampliado para além do tátil, englobando também a descrição da imagem, seja ela por áudio ou texto;
- Aplicar o modelo de tradução em situação real de uso: essa investigação traria dados empíricos de uma situação real de aplicação do modelo de tradução, podendo ser utilizado no ensino presencial, semipresencial ou a distância – em qualquer situação educacional que utilize objetos de aprendizagem;
- Ampliação para outras disciplinas: a aplicação do modelo de tradução nessa pesquisa foi feita em mapas da disciplina de Geografia e, trabalhos futuros poderiam explorar outras disciplinas onde a utilização do tato por estudantes cegos seja imprescindível.

REFERÊNCIAS

- 3DHUBS. **SolidWorks design tips for 3D printing**. 2017. Disponível em: <<https://www.3dhubs.com/talk/thread/solidworks-design-tips-3d-printing>>. Acesso em 07 mar. 2017.
- ABREU, Sofia Alexandra Chaves. **Impressão 3D baixo custo versus impressão em equipamentos de elevado custo**. 2015, 235p. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica). Universidade do Porto, Porto, 2015.
- ADAM, Dominique Leite. **Premissas de criação de imagens em relevo em objetos de aprendizagem para cegos**. 2015, 227p. Dissertação (Mestrado em Design). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2015.
- AMIRALIAN, Maria Lucia Toledo Moraes. **Compreendendo o cego**: uma visão psicanalítica da cegueira por meio de desenhos-estórias. São Paulo: Casa do Psicólogo, 1997. 321 p.
- ANDRADE, Leia; NOGUEIRA, Ruth Emilia. Discutindo demografia a partir de gráficos táteis. In: NOGUEIRA, Ruth Emilia. **Geografia e inclusão escolar**: teoria e práticas. Florianópolis: Edições do Bosque/CFH/UFSC, 2016.
- ARAUJO, Manoel Deisson Xenofonte; SANTOS, Deborah Macêdo dos. Fotografia Tátil: desenvolvimento de modelos táteis a partir de fotografias com a utilização de impressora 3d. **Revista Brasileira de Design da Informação - Infodesign**, São Paulo, v. 12, n. 1, p. 62-76, 2015.
- AUDINO, Daniel Fagundes; NASCIMENTO, Rosemy da Silva. Objetos de aprendizagem - diálogo entre conceitos e uma nova proposição aplicada à educação. **Revista Contemporânea de Educação**, v. 5, n. 10, jul/dez 2010.
- BANA - THE BRAILLE AUTHORITY OF NORTH AMERICA. **Guidelines and standards for tactile graphics**. Disponível em: <<http://www.brailleauthority.org/tg/index.html>>. Acesso em: 16 fev. 2017.
- BARBETTA, Pedro Alberto. **Estatística aplicada às ciências sociais**. Florianópolis: Editora da UFSC, 2012. 8ª ed.
- BARBOSA, Simone Diniz Junqueira; SILVA, Bruno Santana da. **Interação humano-computador**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2010. 384 p. 10ª ed.
- BARNATT, Christopher. **3D printing**: the next industrial revolution. CreateSpace Independent Publishing Platform, 2013.
- BENGALA BRANCA. **Papel Brailon para thermoform**. 2017. Disponível em: <<http://www.bengalabranca.com.br/produto/papel-brailon-para-thermoform/>>. Acesso em: 07 mar. 2017.
- BENYON, David. **Interação humano-computador**. Tradução: Heloísa Coimbra de Souza. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011. 2ª ed.
- BRASIL. **Decreto nº 5.296, de 2 de dezembro de 2004**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2004/decreto/d5296.htm>. Acesso em: 27 Ago. 2016.
- BRASIL. Subsecretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência. Comitê de Ajudas Técnicas. **Tecnologia assistiva**. Brasília: CORDE, 2009. 138p.
- BUEHLER, Erin; COMRIE, Niara; HOFMANN, Megan; MCDONALD, Samantha; HURST, Amy. Investigating the implications of 3D printing in special education. **ACM Transactions on Accessible Computing**, v. 8, n. 3, março/2016.

CARVALHO, Jonas de; VOLPATO, Neri. Prototipagem rápida como processo de fabricação. In: VOLPATO, Neri (ed.). **Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2013. 244p. 1a reimpressão

CELANI, Gabriela; MILAN, Luís Fernando. Tactile scale models: threedimensional info-graphics for space orientation of the blind and visually impaired. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON ADVANCED RESEARCH IN VIRTUAL AND RAPID PROTOTYPING, 3º, 2007, Leiria, Portugal. **Anais do 3º International Conference On Advances Research in Virtual and Rapid Prototyping**. Leiria, 2007, p.801-806.

CHICCA JUNIOR, Natal; CASTILLO, Leonardo Gómez; COUTINHO, Solange Galvão. 2015. A impressão 3D contribuindo em projetos de design da informação. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESIGN DA INFORMAÇÃO, 7º, 2015, Brasília, DF. **Anais do 7º Congresso Internacional de Design da Informação**. Brasília: Blucher, 2015, p. 1355-1360.

CHISHOLM, Wendy; MAY, Matt. **Universal design for web applications**. Sebastopol: O'Reilley Media, 2009. 179p. 2. ed.

CONDE, Antonio João Menescal. **Definindo a cegueira e a visão subnormal**. 2005. Disponível em: <<http://www.ibr.gov.br/?itemid=94>>. Acesso em: 23 Ago. 2016.

CONFORTO, Edivandro Carlos; AMARAL, Daniel; SILVA, Sérgio Luis da. Roteiro para revisão bibliográfica sistemática: aplicação no desenvolvimento de produtos e gerenciamento de projetos. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO E DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO, 8º, 2011, Porto Alegre, RS. **Anais do 8º Congresso Brasileiro de Gestão e Desenvolvimento de Produto**. Porto Alegre, 2011.

COUNCIL FOR EXCEPTIONAL CHILDREN. **Universal design for learning: a guide for teachers and education professionals**. Upper Saddle River: Pearson Merrill Prentice Hall, 2005. 64p.

CUNICO, Marlon Wesley Machado. **Impressoras 3D: o novo meio produtivo**. Curitiba: Concep3D, 2015. 158 p.

CUSTÓDIO, Gabriela Alexandre; RÉGIS, Tamara de Castro. Recursos didáticos no processo de inclusão educacional nas aulas de Geografia. In: NOGUEIRA, Ruth Emilia. **Geografia e inclusão escolar: teoria e práticas**. Florianópolis: Edições do Bosque/CFH/UFSC, 2016.

CYBIS, Walter de Abreu. **Engenharia de usabilidade: uma abordagem ergonômica**. Florianópolis: Labiutil, 2003. 138p.

CYBIS, Walter; BETIOL, Adriana Holtz; FAUST, Richard. **Ergonomia e usabilidade: conhecimentos, métodos e aplicações**. São Paulo: Novatec, 2015.

DALL'ACQUA, Maria Júlia Canazza. O papel da educação especial em tempos de inclusão. In: AMIRALIAN, Maria Lucia Toledo Moraes (Org.). **Deficiência visual: perspectivas na contemporaneidade**. São Paulo: Vetor, 2009. 270 p.

DUARTE, Maria Lúcia Batezat. **Desenho infantil e seu ensino a crianças cegas: razões e métodos**. Curitiba: Insight, 2011. 204 p.

ENGELHARDT, Yuri. **The language of graphics: A framework for the analysis of syntax and meaning in maps, charts and diagrams**. Amsterdam: University of Amsterdam, 2002. 197p.

FERREIRA, Cristiano Vasconcellos; SANTOS, Jorge Roberto Lopes dos; SILVA, Jorge Vicente Lopes. Exemplos de aplicações da prototipagem rápida. In: VOLPATO, Neri (ed.). **Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2013. 244p. 1a reimpressão

FLORES, Ângela; SOMBRIO, Graziela de Souza; TAKIMOTO, Tatiana; ULBRICHT, Vania Ribas. A aprendizagem de geometria por alunos cegos. In: CONAHPA - CONGRESSO NACIONAL DE AMBIENTES HIPERMÍDIA PARA

APRENDIZAGEM, 7º, 2015, São Luís, MA. **Anais do 7º Conahpa**. São Luís, 2015.

GARCIA, Fernanda Albertina; SOUZA, Sandra Regina Carrieri de. Intervenções pedagógicas frente às necessidades educacionais especiais no ensino regular. In: NOGUEIRA, Ruth Emilia. **Geografia e inclusão escolar: teoria e práticas**. Florianópolis: Edições do Bosque/CFH/UFSC, 2016.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Editora Atlas, 2002.

GIVEN, Lisa M. **The SAGE encyclopedia of qualitative research methods**. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2008.

GRICE, Noreen; CHRISTIAN, Carol; NOTA, Antonella; GREENFIELD, Perry. 3D printing technology: a unique way of making Hubble Space Telescope Images accessible to non-visual learners. **Journal of Blindness Innovation and Research**, v. 5, n.1, 2015

GRUENWALD, Lucy. Impressão 3d: lendo imagens através do tato. Um recurso a mais para estudantes com deficiência visual. **Revista nacional de reabilitação – reação**, n. 98, Maio/ Junho, 2014.

GUAL, Jaume; PUYUELO, Marina; LLOVERAS, Joaquim. Universal design and visual impairment: tactile products for heritage access. In: ICED11 - INTERNATIONAL CONFERENCE ON ENGINEERING DESIGN, 18º, 2011, Copenhagen, Dinamarca. **Anais do ICED11**. Copenhagen, 2011.

GUAL, Jaume; PUYUELO, Marina; LLOVERAS, Joaquim. Three-dimensional tactile symbols produced by 3D Printing: Improving the process of memorizing a tactile map key. **British Journal of Visual Impairment**, v. 32, n. 3, p. 263-278, 2014.

GUAL-ORTÍ, Jaume; PUYUELO-CAZORLA, Marina; LLOVERAS-MACIA, Joaquim. Improving tactile map usability through 3D printing techniques: an experiment with new tactile symbols. **The Cartographic Journal**, v. 52, n.1, p. 51-57, 2015.

IBC - INSTITUTO BENJAMIN CONSTANT. **Vocabulário Braille**. 2005. Disponível em: <<http://www.ibr.gov.br/?catid=112&blogid=1&itemid=344>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo demográfico 2010: características gerais da população, religião e pessoas com deficiência**. 2010. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/94/cd_2010_religiao_deficiencia.pdf>. Acesso em: 23 Ago. 2016.

IMPRESSÃO 3D FÁCIL. **Acabamento / pós-processamento de peças impressas em impressoras 3D**. 2015. Disponível em: <<http://www.impressao3dfacil.com.br/acabamento-pos-processamento-de-pecas-impressas-em-3d/>>. Acesso em: 07 mar. 2017.

JOVANOVIC, Nenad; ANDELKOVIC, Bojana; KRSTIC, Hristina. The role of 3D printing in the making of models for tactile perception of architectural objects. In: MONJEOMETRIJA - INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE ON GEOMETRY AND GRAPHICS, 4º, 2014, Vlasina, Sérvia. **Anais do 4º moNGeometrija**. Vlasina, 2014.

KASTRUP, Virgínia. A invenção na ponta dos dedos: a reversão da atenção em pessoas com deficiência visual. **Psicologia em Revista**, Belo Horizonte, v. 13, n. 1, p. 69-90, 2007.

KURZE, Martin. TDraw: a computer-based tactile drawing tool for blind people. In: ANNUAL ACM CONFERENCE ON ASSISTIVE TECHNOLOGIES, 2º, 1996, New York, NY, EUA. **Anais do 2º ACM Conference on Assistive Technologies**. New York: ACM, 1996, p.131-138.

LIBERTO, Alice; RIBEIRO, Célia; SIMÕES, Cristina. As representações de imagens grafo-táteis para o aluno cego

no contexto educativo inclusivo. **Revista Educação Especial**, Santa Maria, v. 30, n. 57, p. 9-26, jan./abr. 2017.

LOCH, Ruth Emilia Nogueira. Cartografia tátil: mapas para deficientes visuais. **Portal da Cartografia**, Londrina, v.1, n.1, p. 35-58, 2008.

LOPES, Arilise Moraes de Almeida. **Estratégias de mediação para o ensino de matemática com objetos de aprendizagem acessíveis**: um estudo de caso com alunos com deficiência visual. 2012, 290p. Tese (Doutorado em Informática na Educação). Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

MACEDO, Claudia Mara Scudelari de. **Diretrizes para criação de objetos de aprendizagem acessíveis**. 2010, 271p. Tese (Doutorado em Engenharia e Gestão do Conhecimento). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

MANTOAN, Maria Teresa Eglér. **Inclusão escolar**: o que é? por quê? como fazer?. São Paulo: Moderna, 2003.

MANTOAN, Maria Teresa Eglér (org.). **Para uma escola do século XXI**. Campinas: Biblioteca/Unicamp, 2013.

MELO, Amanda Meincke. Acessibilidade e inclusão digital. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO SOBRE FATORES HUMANOS EM SISTEMAS COMPUTACIONAIS, 13º, 2014, Foz do Iguaçu, PR. **Livro dos Tutoriais do XIII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais**. Foz do Iguaçu, 2014.

MILES, Matthew B.; HUBERMAN, A. Michael; SALDAÑA, Jones. **Qualitative data analysis: a methods sourcebook**. Thousand Oaks: SAGE Publications, 2014. 3a ed.

NCSU. The 7 principles of universal design. **North Carolina State University, The Center for Universal Design**, 1997. Disponível em: <<https://www.ncsu.edu/project/design-projects/sites/cud/content/principles/principles.html>>. Acesso em: 29 Set. 2016.

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

NOGUEIRA, Ruth Emilia. **Geografia e inclusão escolar**: teoria e práticas. Florianópolis: Edições do Bosque/CFH/UFSC, 2016.

NUNES, Elton Vergara; MACHADO, Flávia Oliveira; VANZIN, Tarcísio. In: ULBRICHT, Vania Ribas; VANZIN, Tarcísio; VILLAROUÇO, Vilma (Org.). **Ambiente virtual de aprendizagem inclusivo**. Florianópolis: Pandion, 2011. 352 p.

NUNES, Elton Vergara; SOUZA, João Artur de; DANDOLINI, Gertrudes Aparecida; VANZIN, Tarcísio. A audiodescrição binaural na produção de materiais didáticos acessíveis. In: CONGRESSO IBERO-AMERICANO DE TELEMÁTICA, 6º, 2011, Gramado, RS. **Anais do VI Congresso Ibero-Americano de Telemática**. Gramado, 2011.

OLIVEIRA, Regina Fátima Caldeira de. Desbrailização: realidade e perspectivas. In: AMIRALIAN, Maria Lucia Toledo Moraes (Org.). **Deficiência visual**: perspectivas na contemporaneidade. São Paulo: Vetor, 2009. 270 p.

OMICRONO. **"Toca" los objetos de una pantalla gracias a la tecnología háptica**. 2017. Disponível em: <<http://omicron.elespanol.com/2013/07/toca-los-objetos-de-una-pantalla-gracias-a-la-tecnologia-haptica/>>. Acesso em: 07 mar. 2017.

ORTÍ, Jaume Gual; MIRA, J. Serrano; PITARCH, María Jesús Máñez. Obtención de gráficos tangibles mediante técnicas de Prototipado Rápido: el volumen como elemento compositivo de diseño. **Integración - Revista sobre discapacidad visual**. n. 65, 2015.

ORTÍ, Jaume Gual; PITARCH, María Jesús Máñez; RUBIO, José Teodoro Garfella; MOYA, Joaquín Ángel Martínez; CAZORLA, Marina Puyuelo. Expresión Gráfica Tangible. In: CONGRESO INTERNACIONAL EXPRESIÓN GRÁFICA APLICADA A LA EDIFICACIÓN, 12º, 2014, Madri, Espanha. **Anais do XII Congresso Internacional Expresión Gráfica Aplicada A La Edificación**. Madri, 2014.

PADOVANI, Stephania. Representações gráficas de síntese: artefatos cognitivos no ensino de aspectos teóricos em design de interface. **Revista Educação Gráfica**, vol. 16, n. 2, 2012.

PHARMABRAILLE. **The Braille Alphabet**. 2017. Disponível em: <<https://www.pharmabraille.com/pharmaceutical-braille/the-braille-alphabet/>>. Acesso em: 07 mar. 2017.

PREECE, Jennifer; ROGERS, Yvonne; SHARP, Helen. **Design de interação: além da interação humano-computador**. Tradução: Isabela Gasparini. Porto Alegre: Bookman, 2013. 3a ed.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. Novo Hamburgo: Feevale, 2013. [e-book]

QUEVEDO, Sílvia Regina Pochmann de; ULBRICHT, Vania Ribas. Como os cegos aprendem. In: ULBRICHT, Vania Ribas; VANZIN, Tarcísio; VILLAROUÇO, Vilma (Org.). **Ambiente virtual de aprendizagem inclusivo**. Florianópolis: Pandion, 2011. 352 p.

RAMSAMY-IRANAH, Sabrina; MAGUIRE, Martin; GARDNER, James; ROSUNEE, Satyadev; KISTAMAH, Naraindra. A comparison of three materials used for tactile symbols to communicate colour to children and young people with visual impairments. **British Journal of Visual Impairment**, v. 34, n.1, p. 54-71, 2016.

REPRAP. **Welcome to Reprap.org**. 2016. Disponível em: <<http://reprap.org/>>. Acesso em: 24 jan. 2017.

ROMANI, Elizabeth; HENNO, Juliana Harrison; MAZZILLI, Clíce de Toledo Sanjar. Reflexões acerca das técnicas de construção de imagens táteis encontradas em museus e possíveis caminhos. 2015. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESIGN DA INFORMAÇÃO, 7º, 2015, Brasília, DF. **Anais do 7º Congresso Internacional de Design da Informação**. Brasília: Blucher, 2015, p. 332-341.

SACKS, Oliver. **O olhar da mente**. São Paulo: Companhia das Letras, 2010.

SANTOS, Andreia Inamorato dos. **Recursos educacionais abertos no Brasil: o estado da artes, desafios e perspectivas para o desenvolvimento e inovação**. São Paulo: CETIC.br, 2013.

SASSAKI, Romeu Kazumi. **Inclusão: construindo uma sociedade para todos**. Rio de Janeiro: WVA, 2010. 8ª ed.

SEED - SECRETARIA DE ESTADO DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ. **Diretrizes curriculares da educação básica - Geografia**. 2008. Disponível em: <http://www.educadores.diaadia.pr.gov.br/arquivos/File/diretrizes/dce_geo.pdf>. Acesso em: 06 mai. 2017.

SEED - SECRETARIA DO ESTADO DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ. **Brasil: Climats**. 2017. Disponível em: <<https://goo.gl/azb3FT>>. Acesso em: 26 jun. 2017.

SEED – SECRETARIA DO ESTADO DA EDUCAÇÃO DO PARANÁ. **Galeria de imagens da Geografia do Paraná**. 2017. Disponível em: < <http://www.geografia.seed.pr.gov.br/modules/galeria/fotos.php?evento=8>>. Acesso em: 13 jun. 2017.

SOBRAL, João Eduardo Chagas; CAVALCANTI, Anna Luiza Moraes de Sá; EVERLING, Marli Teresinha. 'Ver com as mãos': a tecnologia 3D como recurso educativo para pessoas cegas. 2015. In: ERGODESIGN - CONGRESSO INTERNACIONAL DE ERGONOMIA E USABILIDADE DE INTERFACES HUMANO-TECNOLOGIA, 15º, 2015, Recife, PE. **Anais do 15º Ergodesign**. Recife, 2015.

SONZA, Andréa Poletto (org.). **Acessibilidade e tecnologia assistiva: pensando a inclusão sociodigital de PNEs**. Bento Gonçalves: Instituto Federal do Rio Grande do Sul, 2013.

TAKIMOTO, Tatiana. **A percepção do espaço tridimensional e sua representação bidimensional: a geometria ao alcance das pessoas com deficiência visual em comunidades virtuais de aprendizagem**. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão do Conhecimento). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.

TAROUCO, Liane Margarida Rockenbach; KONRATH, Mary Lúcia Pedroso; CARVALHO, Marie Jane Soares; AVILA, Bárbara Gorziza. Formação de professores para produção e uso de objetos de aprendizagem. **Revista Novas Tecnologias na Educação - Renote**, Porto Alegre, v.4, n.1, 2006.

ULBRICHT, Vania Ribas; VANZIN, Tarcísio; VILLAROUCO, Vilma (Org.). **Ambiente virtual de aprendizagem inclusivo**. Florianópolis: Pandion, 2011. 352 p.

ULBRICHT, Vania Ribas; VILLAROUCO, Vilma. Educação inclusiva: caminho aberto para todos. In: ULBRICHT, Vania Ribas; VANZIN, Tarcísio; VILLAROUCO, Vilma (Org.). **Ambiente virtual de aprendizagem inclusivo**. Florianópolis: Pandion, 2011. 352 p.

UN - UNITED NATIONS. **The invisibility of disability**. Disponível em: <http://www.un.org/disabilities/documents/sdgs/infographic_statistics_2016.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2017.

URBAS, Raša; PIVAR, Matej; ELESINI, Urška Stankovič. Development of tactile floor plan for the blind and the visually impaired by 3D printing technique. **Journal of Graphic Engineering and Design**, v. 7, n.1, p. 19-26, 2016.

VALENTE, Danyelle. Imagem que comunicam aos dedos: a fabricação de desenhos táteis para pessoas cegas. In: ENCONTRO NACIONAL DA ASSOCIAÇÃO NACIONAL DE PESQUISADORES EM ARTES PLÁSTICAS, 17º, 2008. **Anais do 17º Encontro Nacional da Associação Nacional de Pesquisadores em Artes Plásticas**. Florianópolis, 2008.

VALENTE, Danyelle. Os diferentes dispositivos de fabricação de imagens e ilustrações táteis e as possibilidades de produção de sentido no contexto perceptivo dos cegos. **Revista Educação, Artes e Inclusão**, Florianópolis, v.2, n. 1, p. 59-82, 2009.

VOIGT, Andreas; MARTENS, Bob. Development of 3D tactile models for the partially sighted to facilitate spatial orientation. In: eCAADe, 24º, 2006, Volos, Grécia. **Anais do 24º eCAADe**. Volos, Grécia, 2006, p. 366-370.

VOLPATO, Neri (ed.). **Prototipagem rápida: tecnologias e aplicações**. São Paulo: Blucher, 2013. 244p. 1ª reimpressão

WILEY, David A (Org.). **The instructional use of learning objects**, 2000. Disponível em: <<http://www.reusability.org/read/>>. Acesso em: 18 jan. 2017.

W3C - WORLD WIDE WEB CONSORTIUM. **Web Content Accessibility Guidelines (WCAG) 2.0**. 2008. Disponível em: <<https://www.w3.org/TR/WCAG20/>>. Acesso em: 21 jan. 2017.

APÊNDICE A - ENTREVISTA COM UMA PROFESSORA DE GEOGRAFIA

[Apresentação do projeto de pesquisa e termo de consentimento, pedido para que se apresente ao iniciar a gravação]

Professora de Geografia: [...] sou professora da rede estadual já há 24 anos, trabalho com os deficientes visuais já há algum tempo, o que nós podemos ter com os deficientes...é dividido o trabalho. Por exemplo, Geografia e Física no primeiro ano. Nós temos bastante dificuldade, no início pelo menos tínhamos mais dificuldade. Só que nós temos um apoio interessante, que é o Instituto [Instituto Paranaense dos Cegos – IPC], e o Instituto nos fornece material quando temos dificuldade. Por exemplo, se vamos usar o globo terrestre, eles têm um globo onde já está tudo em alto relevo... então isso facilita. Antes, quando não tínhamos esse apoio, eu fabricava, produzia o material com linha. Muitas vezes a gente tem que pegar a mão do aluno para fazer ele ser conduzido nesse mapa e ir falando [...]. Então a gente vai conduzindo no globo terrestre, no mapa, [...]. Eu prefiro muito mais o fio dental porque ele não é tão liso para você produzir o material. Então a gente acaba usando assim. Hoje nós temos outra ferramenta que é interessante que é o computador, aonde ele tem o audiolivro, o livro falado [...]. Então você fala, eu procuro não passar [...] nada no quadro. Então como eu dou aula somente expondo, somente através da oralidade, eles conseguem acompanhar. Na hora de ir para o livro, a gente desenvolve os trabalhos, eles já têm no computador. Isso facilita muito o trabalho nosso.

Mestranda: Existe alguma exigência para que os professores façam algum curso especial para lidar com os cegos?

P. G.: Na verdade, não existe algo que seja obrigatório, aí vai do professor. Eu fiz. Eu fiz curso de pós-graduação para a [Educação] Inclusiva. Também por uma questão pessoal, [...] tenho uma filha especial, me ajudou bastante, me abriu os horizontes e as possibilidades de poder ajudar esses alunos. Porque o que que a gente percebe aqui no nosso meio dos professores é não ter preparação. Tenho ouvido a mais de 15 anos “eu não estou preparada para trabalhar com esses alunos”, mas, no entanto, não buscam algo a mais [...].

M.: Poderia me falar como foi o primeiro contato ao ter que ensinar esses alunos?

P. G.: [...] foi interessante porque veio um grupo de angolanos para a escola, [...] e o primeiro contato assim “puxa vida, que coisa triste de ver, como eu vou agir com esses alunos, o que eu vou fazer? “. Mas aí a gente começa na convivência ver que a dificuldade deles é não enxergar, mas a produção mental deles, a capacidade mental deles é extraordinária, e eles tem canais de percepção muito mais além do que os nossos. Então esse primeiro grupo que veio para a escola, apesar de nos assustarmos no primeiro instante, eles trouxeram informações, coisas que a gente não imaginava que eles sabiam [...] e acompanhavam de uma forma bastante interessante. Como eles foram colocados grande parte numa

única sala, ou duas salas, [...] um ajudava o outro. E quando eles iam para o Instituto [IPC], eles também eram apoiados com o pessoal que fazia essa ponte do que eles não entenderam. Muitas vezes até eles traziam relatos que eles ficavam a noite discutindo o conteúdo, justamente para poder gravar mais [...]. Isso falando da minha área [...].

M.: Você disse que os recursos que são utilizados na sala de aula são o computador e os materiais que vem do Instituto [IPC]. Você acredita que esse material que os cegos têm acesso poderia servir para os alunos videntes também?

P. G.: Eu acredito que dá para ser usado sim, sem sombra de dúvida, mesmo porque o que ele tem mais é a saliência para eles sentirem, mas dá para ser usado perfeitamente.

M.: A imagem tátil, você acredita que é importante na Geografia?

P. G.: Com certeza, tem coisas [...] que por mais que eles ouçam [...] não vão conseguir entender. Por exemplo, para fazer uma localização geográfica, uma coordenada geográfica, tem que ter o material tátil, [...] senão eles não vão conseguir. “Como assim, como vou seguir os paralelos? Como vou seguir os meridianos?”, [...] eles sabem o que é mas não tem como saber a localização, então eu acho muito importante o material tátil.

M.: E quando você traduzia na escola, quando não tinha ainda do Instituto [IPC], qual era o teu método de criar?

P. G.: A gente confeccionava [...] o mapa, plano mesmo, mas com fio dental, para fazer por exemplo a localização, as coordenadas geográficas, os paralelos, os meridianos, fazíamos tudo com o fio dental numa cartolina maior para eles irem identificando onde que estava o equador, abaixo do equador, o trópico de capricórnio, acima do equador, colocava os graus. [...] A gente montava esse material [...] com fio dental porque ele tem uma cerinha melhor para eles se localizarem e identificarem.

M.: O material áspero é melhor do que o liso?

P. G.: Eu acho que é melhor, até pela textura [...], eles até falavam que era bom quando eu fazia com fio dental [...].

M.: Você já precisou, para fazer suas aulas, dos materiais didáticos disponíveis no site do SEED?

P.G.: Já, algumas vezes sim, ainda busco em algum momento esse material que está disponível no site, é bem válido mesmo esse material, ajuda bastante na sala de aula, é bem interessante.

M.: E algumas imagens dessas, algum texto, você teve que traduzir para o cego?

P. G.: Algumas sim, mas na verdade mais a gente descreve a imagem, quando é necessário [...] a gente contorna com o fio. Conforme o que você está estudando. E nesse caso agora que eles têm o computador, facilitou bastante, porque já tem até a descrição das imagens, tudo mais, e eles conseguem entender. Quando eles falam “olha, eu não consegui entender tal coisa, tem uma imagem aqui, mas eu não fiz essa leitura”, aí então a gente adapta o material para que eles entendam, trago outras imagens

para que associem mais ou menos o que é que está querendo dizer.

M.: De última hora?

P. G.: Não, se eles trazem o problema hoje, às vezes não tenho como resolver na hora. Montamos o material e na aula que vem já solucionamos o problema [...].

M.: Poderia dizer quais são as principais reclamações ou problemas que esses alunos têm em relação a imagem tátil?

P. G.: [...] por exemplo, se for só descritiva, às vezes eles reclamam que falta informação para eles complementarem. Às vezes [...] é necessário fazer uma adaptação do material para eles entenderem, fazer a leitura tátil, porque só na descrição que vem da imagem no computador às vezes é falho. [...] eu procuro trazer materiais alternativos para auxiliar quando o assunto é mais complexo, que eu vejo que o livro [...] não vai dar o que é necessário [...]. Como faz anos que temos cegos aqui na escola, já temos um bocado de material. [...] uma coisa que também é interessante são essas salas de apoio que nós tínhamos até o ano passado, que esse ano o governo acabou cortando. É muito interessante porque quando você tinha alguma dificuldade no material, essa pessoa nos auxiliava, levava eles para uma sala de apoio, aonde elas também tinham material, ou confeccionavam material [...]. Esse ano nós não temos esse apoio e a gente já sentiu. [...] até para a prova que eles faziam tínhamos o apoio, [...] agora a gente tem que se preocupar em já produzir a prova bem antes, porque tem que mandar para o Instituto [IPC], para que eles passem para o Braille, para que cheguem em tempo hábil de eles fazerem essas avaliações.

M.: Na minha dissertação, vou propor que essas imagens táteis sejam impressas em 3D, não sei se já teve contato, se sabe como funciona...

P. G.: Sei, sei.

M.: Você acha que seria interessante o uso dessas imagens em 3D?

P. G.: Essa possibilidade seria maravilhosa para eles. Eu acho que esse é o caminho mesmo de fazer esse material tátil [...]. Ter esse recurso hoje de fazer em 3D, acredito que a dispersão desse conhecimento vai ser bem melhor.

APÊNDICE B - RBS

Na RBS, foram definidas oito bases de dados digitais relevantes para a pesquisa (realizada em dois idiomas), conforme quadro 11:

QUADRO 11 - Base de dados utilizadas e idiomas definidos para as buscas.

Bases de dados	Idioma definido para as buscas
Biblioteca Vêrsila	Português, inglês
Scopus	Inglês
IEEE	Inglês
Periódicos da CAPES	Português, inglês
Teses e dissertações UFPR	Português
Scielo	Português, inglês
Springer	Inglês
Google acadêmico	Português, Inglês

FONTE: a autora (2018).

Com os idiomas português e inglês estabelecidos de acordo com cada base de dado, as palavras-chave foram determinadas (QUADRO 12):

QUADRO 12 - Palavras-chave em português e inglês.

Palavras-chave em português	Palavras-chave em inglês
Objetos de aprendizagem	Learning objects
Deficiência visual	Visual impairment
Imagem 3D	3D image
Ilustração 3D	3D illustration
Impressão 3D	3D printing
Percepção	Perception
Cegos	Blind

Objeto educacional	Educational object
Manufatura aditiva	Additive manufacture
Recurso educacional aberto	Open educational resource

FONTE: a autora (2018).

As onze palavras-chave estabelecidas foram combinadas em pares ou trios para a realização de cada pesquisa nas bases de dados, por exemplo: objetos de aprendizagem + deficiência visual, ou impressão 3D + percepção + cegos.

Finalizando a fase de entrada, os seguintes critérios de inclusão e exclusão foram fixados (QUADRO 13):

QUADRO 13 - Critérios de inclusão e exclusão.

Critérios de inclusão
Obra retrata diretrizes ou recomendações para objetos de aprendizagem acessíveis
Percepção háptica em cegos
Impressão 3D para auxílio na aprendizagem de cegos
Critérios de exclusão
Artigos não acadêmicos
Tecnologia sem relação ao háptico
Háptico leva em consideração apenas o Braille
Objetos de aprendizagem não possuem relação com acessibilidade ou inclusão
Impressão 3D sem relação aos cegos
Artigos voltados ao público de baixa visão
Obras com mais de 10 anos de publicação.

FONTE: a autora (2018).

Em seguida, na fase de processamento, houve a condução das buscas nas bases de dados definidas anteriormente. Com os resultados encontrados, foram aplicados os filtros de leitura definidos por Conforto et al. (2011), já levando-se em consideração os critérios de inclusão e exclusão (TABELA 2):

TABELA 2 - Filtros de leitura e seus resultados.

Filtro de leitura	Descrição	Resultados relevantes
1	Leitura do título, resumo e palavras-chave	67
2	Leitura da introdução e conclusão	26
3	Leitura completa	17

FONTE: a autora (2018).

Ao final do filtro 3, 17 obras foram consideradas importantes e relevantes para uso na pesquisa. Sucedeu-se uma busca nas referências dessas obras, para a descoberta de mais 5 obras consideradas relevantes para a pesquisa. Ao total, 22 obras resultaram da RBS, divididas entre artigos, dissertações e teses. O número resultante de cada base de dado é encontrado na tabela 3:

TABELA 3 - Número de obras encontradas em cada base de dado.

Bases de dados	Resultados
Biblioteca Vêrsila	2
Scopus	4
IEEE	0
Periódicos da CAPES	1
Teses e dissertações UFPR	1
Scielo	0
Springer	0
Google acadêmico	9
Busca nas referências	5
Total	22

FONTE: a autora (2018).

Para fins de organização e documentação, todas as obras foram fichadas, contendo as seguintes informações: título, autores, ano de publicação, data de acesso, palavras-chave, repositório encontrado, link de acesso, e descrição breve do conteúdo. Por fim, finalizando a RBS, todas as obras foram arquivadas em formato digital, juntamente com o fichamento. O último passo proposto por Conforto et al.

(2011), síntese e resultados, podem ser encontrados ao longo desta dissertação.

Uma compilação das obras encontradas se encontra no quadro 14:

QUADRO 14 - Obras resultantes da RBS.

Nome	Autores	Ano	
Premissas de criação de imagens em relevo em objetos de aprendizagem para cegos	ADAM, Dominique Leite	2015	Dissertação
Fotografia Tátil: Desenvolvimento de modelos táteis a partir de fotografias com a utilização de impressora 3d	ARAUJO, Manuel Deisson Xenofonte; SANTOS, Deborah Macêdo	2015	Artigo
Investigating the Implications of 3D Printing in Special Education	BUEHLER, Erin et al.	2016	Artigo
Tactile scale models: Three-dimensional infographics for space orientation of the blind and visually impaired	CELANI, Gabriela; MILAN, Luís Fernando	2006	Artigo
A impressão 3D contribuindo em projetos de design da informação	CHICCA JUNIOR, Natal; CASTILLO, Leonardo Gomez; COUTINHO, Solange Galvão	2015	Artigo
De olho na tela : requisitos de acessibilidade em objetos de aprendizagem para alunos cegos e com limitação visual	DIAS, Cristiani de Oliveira	2010	Dissertação
A aprendizagem de geometria por alunos cegos	FLORES, Ângela et al.	2015	Artigo
A acessibilidade dos objetos educacionais de Física: possibilidades para pessoas com deficiência visual	GRÉGIO, Lucimar Fernandes	2011	Dissertação
3D Printing Technology: A Unique Way of Making Hubble Space Telescope Images Accessible to Non-Visual Learners.	GRICE, Noreen et al.	2015	Artigo
Impressão 3D: "lendo" imagens através do tato. um recurso a mais para estudantes com deficiência visual	GRUENWALD, Lucy	2014	Artigo
Improving tactile map usability through 3D printing techniques: An experiment with new tactile symbols	GUAL-ORTI, Jaume; PUYELO-CAZORLA, Marina; LLOVERAS-MACIA, Joaquim	2015	Artigo
Three-dimensional tactile symbols produced by 3D Printing: Improving the process of memorizing a tactile map key	GUAL-ORTI, Jaume; PUYELO-CAZORLA, Marina; LLOVERAS-MACIA, Joaquim	2014	Artigo

Toward 3D-Printed movable tactile pictures for children with visual impairments	KIM, Jeeun; YEH, Tom	2015	Artigo
Diretrizes para criação de objetos de aprendizagem acessíveis	MACEDO, Claudia Mara Scudelari de	2010	Tese
The production of anatomical teaching resources using three-dimensional (3D) printing technology	MCMENAMIN, Paul G. et al.	2014	Artigo
Drawing, virtual modeling and 3D print in the production of didactic models for the teaching-learning of visually impaired students : case study of nanostructured systems	POHLMANN, Mariana et al.	2015	Artigo
A comparison of three materials used for tactile symbols to communicate colour to children and young people with visual impairments	RAMSAMY-IRANAH, Sabrina et al.	2016	Artigo
'Ver com as mãos': a tecnologia 3D como recurso educativo para pessoas cegas	SOBRAL, João Eduardo Chagas; CAVALCANTI, Anna Luiza Moraes de Sá; EVERLING, Marli Teresinha	2015	Artigo
Ambientes virtuais acessíveis sob a perspectiva de usuários com limitação visual	SONZA, Andréa Poletto	2008	Tese
A percepção do espaço tridimensional e sua representação bidimensional: a geometria ao alcance das pessoas com deficiência visual em comunidades virtuais de aprendizagem	TAKIMOTO, Tatiana	2014	Dissertação
Imagens que comunicam aos dedos: a fabricação de desenhos táteis para pessoas cegas	VALENTE, Dannyelle	2008	Artigo
Os diferentes dispositivos de fabricação de imagens e ilustrações táteis e as possibilidades de produção de sentido no contexto perceptivo dos cegos	VALENTE, Dannyelle	2009	Artigo

FONTE: a autora (2018).

APÊNDICE C – TCLE DO TESTE COM DESIGNERS



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-graduação em Design

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TERMINOLOGIA OBRIGATÓRIO EM ATENDIMENTO A RESOLUÇÃO 196/96 –CNS-MS)

A pesquisa “**Modelo de tradução para acessibilidade de imagens estáticas de objetos de aprendizagem para impressão tridimensional**”, é desenvolvida pela mestrandia Emilia Christie Picelli Sanches no PPGDESIGN/UFPR, sob supervisão das Professoras Dra. Claudia Mara Scudelari de Macedo e Dra. Juliana Bueno, e tem como objetivo propor um modelo para a tradução de imagens estáticas bidimensionais em imagens táteis tridimensionais, para acessibilidade de pessoas cegas.

A coleta de informações para o presente estudo se dará através de teste com modelo de tradução e entrevista semi-estruturada, realizada em local previamente acordado com o entrevistado, junto à equipe da UFPR, formada por uma mestrandia (entrevistadora) e uma doutora (observadora).

Os procedimentos de coleta das informações serão executados por meio de entrevista e registros por áudio, a serem realizados pela equipe da UFPR. Em caso de dúvidas, você será totalmente esclarecido pelos responsáveis da pesquisa antes e durante a coleta de informações, além da possibilidade de entrar em contato por um dos meios divulgados abaixo.

Este “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido” atende a Resolução 196/96-CNS-MS.

Eu, _____, RG _____ - SSP/_____, estando ciente das informações acima lidas, concordo em participar da pesquisa “**Modelo de tradução para acessibilidade de imagens estáticas de objetos de aprendizagem para impressão tridimensional**” e entendo que, as informações cedidas por mim são confidenciais, autorizando a sua divulgação no meio científico e acadêmico de forma anônima e global, tendo a minha identidade totalmente preservada. Estou ciente de que sou voluntário e, portanto, não receberei nenhum benefício por participar deste estudo, bem como não terei ônus algum. Tenho total liberdade para aceitar ou recusar fazer parte deste estudo e sei que a minha recusa, em qualquer momento ou circunstância, não acarretará nenhum prejuízo para mim.

Curitiba, _____ de _____ de 2017.

Assinatura do Participante

Assinatura do Pesquisador

Profa. Dra. Claudia Mara Scudelari de Macedo
(**profª Supervisora**)

Profa. Dra. Juliana Bueno
(**profª Supervisora**)

APÊNDICE D - PROTOCOLO DE TESTE COM DESIGNERS

Objetivo: testar modelo de tradução com modeladores digitais para encontrar possíveis falhas ou sugestões de melhoria.

Público-alvo: designers com habilidades de modelagem digital, em *software* capaz de criar uma imagem tátil. Ex: Rhinoceros, SolidWorks, Blender, 3DMax.

Número de participantes do teste: 3.

Material necessário: computador com *software* instalado (do próprio participante), imagem a ser traduzida, modelo de tradução, dispositivo para gravação de áudio, TCLE.

Imagem estática: Brasil - Climas

O clima de uma região é representado pelo conjunto estatístico de suas condições durante um intervalo específico de tempo. Essas condições geralmente incluem a temperatura, precipitação e umidade. O Mapa de Climas do Brasil apresenta as divisões climáticas do país de acordo com a temperatura média e a quantidade de meses secos. O mapa abaixo traz a classificação segundo o IBGE.

Palavras-chave: Clima. Tropical. Equatorial. Brasil.

FIGURA 73 - Imagem utilizada no teste.



FONTE: SEED (2017). Disponível em: <https://goo.gl/SMzKrW>

Passo a passo:

1. Explicar a pesquisa, o objetivo, o modelo, e algum termo que não conheçam (ex: imagem tátil).
 - a. Se não souberem Braille, para uso em rótulos, títulos, etc., não é necessária a tradução.
2. Mostrar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido.
3. Entregar a imagem estática a ser traduzida e o modelo de tradução impresso.

4. Pedir para que verbalizem os passos que estejam fazendo, desde usar o modelo até modelar a imagem no *software*.
5. Iniciar gravação e observar o teste.
 - a. Intervir apenas se requisitado pelo participante.
6. Realizar as seguintes perguntas, após modelagem:
 - a. Entre 0 e 10, qual o nível de dificuldade no uso do modelo de tradução?
 - b. A partir dos requisitos gerados pelo teste, a imagem tátil foi facilmente executada? Quais foram as dificuldades?
 - c. As informações do modelo de tradução estavam claras?
 - d. Para você, alguma informação deveria ser acrescentada no modelo de tradução?
 - e. A partir da explicação de termos como Braille, imagem tátil, etc., sentiu necessidade de algum outro profissional que prestasse auxílio na tarefa? Ex: professores, pedagogos.
 - f. Gostaria de acrescentar algo mais?
7. Finalizar gravação.
8. Pedir para assinarem termo de consentimento.

APÊNDICE E - MODELO DE TRADUÇÃO - SEGUNDA VERSÃO

Esta versão do modelo de tradução não é a final, sendo apenas a versão atualizada após os testes com os designers.

Modelo de tradução | Imagens estáticas 2D em imagens táteis 3D

Utilize este modelo antes e durante a modelagem da imagem tátil. O propósito do uso do modelo é garantir que o aluno cego tenha acesso equivalente ao material didático disponível para alunos videntes. Para facilitar o entendimento ele está dividido em três níveis, um checklist e quatro apêndices, sendo:

Nível 1 - Representação gráfica: Descrição geral da imagem estática, bem como listagem de elementos a serem traduzidos e recursos disponíveis para a impressão da imagem tátil.

Nível 2 - Objetos gráficos: Tradução das variáveis táteis da imagem - ponto, linha, área e volume.

Nível 3 - Estrutura espacial: Composição de elementos na imagem tátil, como posição e escala.

Checklist: Revisão final da tradução antes da impressão 3D.

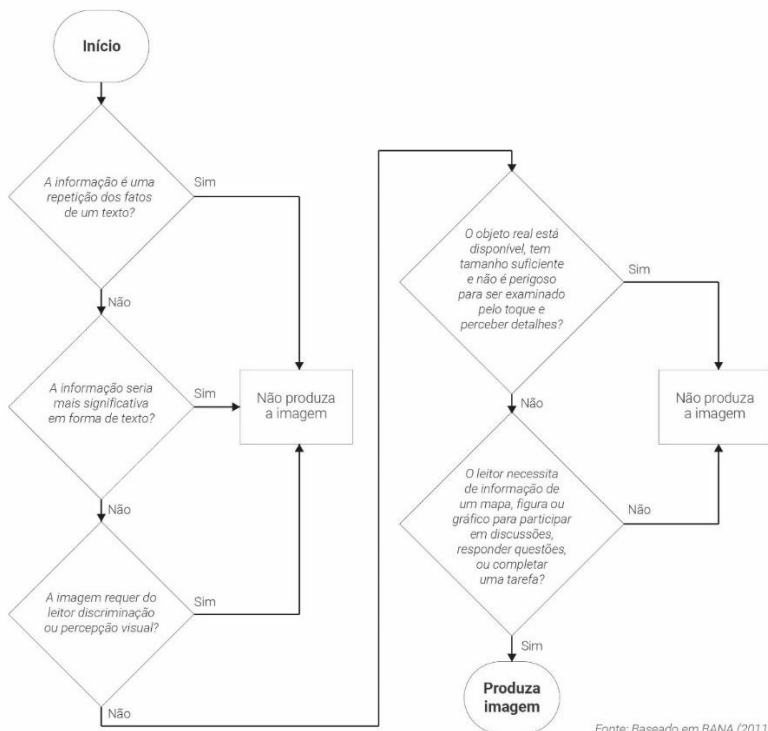
Apêndice A: Exemplos de texturas e linhas.

Apêndice B: Braille.

Apêndice C: Glossário.

Apêndice D: Exemplos de imagens táteis.

Como primeiro passo, verifique através do fluxograma abaixo a necessidade de tradução da imagem. Em caso positivo, siga este modelo como rota para uma tradução tátil.



Fonte: Baseado em BANA (2011)

Nível 1 - Representação Gráfica

Nome e descrição da figura:

Fonte:

Série escolar:

Tipo de representação gráfica: *Selecione uma opção.*

- | | | | |
|----------|---|--|-------------------------------|
| Primário | <input type="radio"/> Mapa | <input type="radio"/> Gráfico de tempo | <input type="radio"/> Tabela |
| | <input type="radio"/> Figura | <input type="radio"/> Diagrama de ligações | <input type="radio"/> Símbolo |
| | <input type="radio"/> Gráfico estatístico | <input type="radio"/> Diagrama de agrupamento | <input type="radio"/> Texto |
| Híbrido | <input type="radio"/> Mapa estatístico | <input type="radio"/> Gráfico estatístico de tempo | |
| | <input type="radio"/> Mapa de rotas | <input type="radio"/> Diagrama estatístico de ligações | |
| | <input type="radio"/> Mapa estatístico de rotas | <input type="radio"/> Diagrama de ligações cronológico | |

Quantos assuntos são abordados na imagem estática 2D? *Selecione uma opção.*

Exemplo: mapa apresenta população e altitude em uma mesma imagem (2 assuntos)

- 1 : Recomenda-se a produção de 1 imagem tátil.
- 2 : Recomenda-se a produção de 2 imagens táteis.
- 3 ou mais : Recomenda-se a divisão em 2 ou mais imagens táteis.

Se necessário, um assunto complexo pode ser dividido em imagens diferentes.

Dentre os recursos necessários, quais são os disponíveis? *Selecione quantas opções forem necessárias.*

- Verba
- Local para uso das imagens táteis
- Computador
- Impressora 3D
- Local para armazenamento do modelo digital
- Outros. Quais? _____
- Modeladores digitais
- Local para armazenamento do modelo físico

A impressora 3D que será utilizada possui limitações? *Selecione quantas opções forem necessárias.*

- Tamanho máximo de impressão: _____
- Material disponível para uso: _____
- Necessidade de pós-processamento
- Outras. Quais? _____

Quais os elementos da imagem estática a serem traduzidos? *Selecione quantas opções forem necessárias.*

Considere o objetivo educacional da imagem. Caso necessite, busque ajuda de um especialista.

- | | | |
|------------------------------|--|--|
| <input type="radio"/> Pontos | <input type="radio"/> Símbolos | <input type="radio"/> Título |
| <input type="radio"/> Linhas | <input type="radio"/> Flechas | <input type="radio"/> Escala |
| <input type="radio"/> Áreas | <input type="radio"/> Rótulos (nomes) | <input type="radio"/> Norte geográfico |
| <input type="radio"/> Frases | <input type="radio"/> Outros. Quais? _____ | |

Nível 2 - Objetos Gráficos

Os elementos abaixo, em geral, podem ser simplificados.

Quais desses existem na imagem? Selecione quantas opções forem necessárias.

- Bordas decorativas : Excluir bordas, exceto por bordas de referência.
- Itens decorativos : Excluir das imagens táteis.
- Áreas ou itens pequenos : Excluir, substituir por Braille, ou elevar a área.
- Áreas similares próximas uma das outras : Agrupar em uma área só.

Mantenha apenas os detalhes essenciais que dão sentido para a imagem.

Exemplo 1: uma borda decorativa que não possui relação direta com a imagem deve ser excluída.

Exemplo 2: em um mapa, pequenas ilhas, cidades menores ou rios poderão ser excluídos ou transformados em uma só área na imagem tátil.

Quais dos elementos abaixo serão utilizados na imagem tátil? Selecione quantas opções forem necessárias.

- Pontos : Tamanho mínimo de 6 mm. Máximo de 13 mm. Em geral, usa-se até 5 estilos diferentes. Verificar exemplos de texturas, linhas, flechas e alfabeto Braille ao final do documento.
- Símbolos : Tamanho mínimo de 10x10 mm, com contorno ou formas sólidas. Utilize diferentes orientações de forma para diferenciar, se necessário.
- Formas geométricas : Formas básicas (quadrado, círculo, retângulo) podem ser combinadas com de maior complexidade, como símbolos. 2D ou 3D.
- Linhas : Tamanho mínimo do comprimento é de 12,5 mm. Em geral, usa-se até 5 estilos diferentes.
- Linhas tracejadas : Possui entre 6 mm até 10 mm de tracejado, com pelo menos metade do tamanho de espaço entre traços.
- Flechas : São representadas com um triângulo fechado ou ponta de flecha aberta.
- Áreas : A área mínima é de 6 mm². Pequenas áreas são elevadas além das outras, para indicar destaque. Podem ser representadas por texturas.
- Texturas : Em geral, usa-se até 5 texturas por imagem. Para além de 5, utilize caracteres em Braille.
- Braille : O diâmetro do ponto é de 2 mm e possui altura de 0,65 mm. A célula Braille possui largura de 4,7 mm e altura de 7,4 mm. Utilize fonte disponibilizada ao final do documento.

Serão utilizadas formas ou símbolos iguais na mesma imagem tátil? Sim Não

Se **sim**, utilizar até 3 tamanhos distintos para elementos, se for necessário diferenciá-los.

Serão utilizados elementos tridimensionais na imagem tátil? Sim Não

Se **sim**, combinar os elementos 3D com pontos, linhas e texturas.

Nível 3 - Estrutura Espacial

O tamanho da imagem tátil precisa ser definido? Sim Não

Se **sim**, o tamanho médio de uma imagem tátil é de 280x290 mm. Deve ter tamanho suficiente para o entendimento do conteúdo, modifique de acordo com a necessidade.

A imagem estática apresenta medidas exatas de algum artefato? Sim Não

Se **sim**, evitar fazer mudanças de leiaute, forma ou posição dos elementos.

Quais dos elementos abaixo serão utilizados na imagem tátil? Selecione quantas opções forem necessárias.

- Norte geográfico** : Localizado no canto superior esquerdo.
- Escala** : Localizada no canto superior esquerdo. Se uma imagem 2D contém escala, aumentar proporcionalmente para o tátil, se necessário. Também pode-se definir a escala pelo nível de detalhe pretendido e o tamanho final da imagem tátil.
- Título** : Localizado no canto superior esquerdo. Obrigatório caso haja título na imagem estática.
- Legenda** : É impressa separada da imagem tátil, ou se houver espaço, localiza-se na parte inferior da imagem. As informações seguem a sequência: texturas; linhas; pontos e símbolos; letras do alfabeto; caracteres numéricos.
- Profundidade/elevação** : Utilize elementos 3D ao invés de camadas.
- Rótulos (nomes)** : Apresentados entre 3 e 6 mm de distância do componente, ou acompanham linha de 20 mm até o componente a ser rotulado. Manter 3 mm de margem entre um rótulo e uma textura. Caso não haja espaço, troque por Braille ou símbolos.

A imagem estática está em perspectiva? Sim Não

Se **sim**, a perspectiva deve ser transformada para vista frontal e/ ou lateral.

Há informações que não estão na imagem, mas são essenciais para a compreensão? Sim Não

Se **sim**, informações secundárias e notas de tradução são incluídas como pequenos textos adjacentes.

A imagem estática será dividida em 2 ou mais imagens táteis? Sim Não

Exemplo: o rio em um mapa serve como marca para a divisão.

Se **sim**, criar uma imagem tátil simplificada representando a totalidade. Se foram separada pelo conteúdo, crie pontos de referências iguais em todas as imagens. Se foram divididas pelo tamanho, use divisão por quadrantes, pelo meio ou por uma marca significativa na imagem.

Será feito um conjunto de imagens táteis? Sim Não

Exemplo: imagens de um texto ou livro formam um conjunto.

Se **sim**, definir leiaute para o conjunto de imagens táteis. Manter a mesma escala para o conjunto, além de manter consistência nos elementos. Se necessário, criar uma imagem tátil que faça a relação entre o conjunto todo.

A impressora 3D a ser utilizada requer pós-processamento? Sim Não

Se **sim**, utilizar pós-processamento para que a impressão não fique áspera ou muito lisa.

Checklist final

Faça a revisão da imagem tátil antes de enviar para a impressão 3D.

Nível 1 - Representação gráfica

- A imagem tátil aborda no máximo 2 assuntos distintos.
- Todos os recursos necessários para a impressão 3D foram providenciados.
- A imagem tátil é menor do que o tamanho máximo da impressora 3D, ou está dividida em partes.

Nível 2 - Objetos gráficos

- Elementos não essenciais foram simplificados.

Os elementos necessários foram traduzidos para a imagem tátil. *Considere os mesmos marcados no nível 2.*

- | | | |
|------------------------------|---|--|
| <input type="radio"/> Pontos | <input type="radio"/> Símbolos | <input type="radio"/> Formas geométricas |
| <input type="radio"/> Linhas | <input type="radio"/> Linhas tracejadas | <input type="radio"/> Flechas |
| <input type="radio"/> Áreas | <input type="radio"/> Texturas | <input type="radio"/> Braille |
- Os elementos respeitam as dimensões e recomendações propostas.

Nível 3 - Estrutura espacial

- Um leiaute foi definido para a imagem tátil.

Os elementos necessários foram traduzidos para a imagem tátil. *Considere os mesmos marcados no nível 3.*

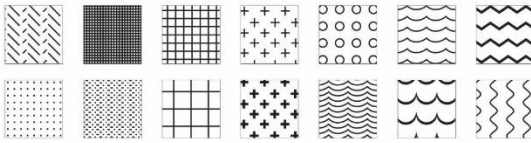
- | | | |
|--|---|---------------------------------------|
| <input type="radio"/> Norte geográfico | <input type="radio"/> Escala | <input type="radio"/> Título |
| <input type="radio"/> Legenda | <input type="radio"/> Profundidade/elevação | <input type="radio"/> Rótulos (nomes) |
- Os elementos respeitam as dimensões e recomendações propostas.
 - Os rótulos (nomes) foram traduzidos para o Braille.
 - Textos ou notas secundárias estão definidas e traduzidas para o Braille.
 - A imagem tátil simplificada, que representa a totalidade de um conjunto, foi criada.

Exemplos de texturas e linhas

Fonte: BANA (2011)

Texturas

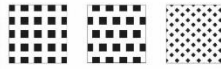
Grupo A: esse grupo pode ser utilizado livremente ou com texturas de outros grupos.



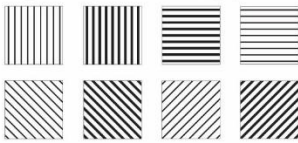
Grupo B: use apenas 1 textura do grupo.



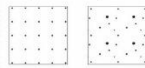
Grupo E: use apenas 1 textura do grupo.



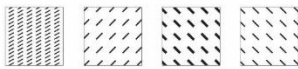
Grupo C: use apenas 1 textura do grupo.



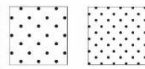
Grupo F: use apenas 1 textura do grupo.



Grupo D: use apenas 1 textura do grupo.



Grupo H: use apenas 1 textura do grupo.



Linhas e setas

Linhas especiais.



Exemplo de linhas.



Exemplo de tracejados.



Exemplo de setas.



Glossário Fontes: BANA (2011), Cunico (2015), Engelhardt (2002), MEC (2006), Michaelis (2017)

Bidimensional (2D): que tem duas dimensões.

Braille: sistema de escrita em relevo constituído por 63 sinais formados por pontos em um conjunto matricial. O conjunto é formado por 6 pontos.

Diagrama de agrupamento: representação gráfica onde a estrutura expressa a categorização de grupos de elementos.

Diagrama de ligações: representação gráfica cuja estrutura sintática é composta de ligações.

Diagrama de ligações cronológico: representação gráfica que se qualifica tanto como diagrama de ligações quanto gráfico de tempo.

Diagrama estatístico de ligações: representação gráfica que se qualifica tanto como gráfico estatístico como diagrama de ligações.

Escala: a razão entre a área ou dimensões da imagem em relação ao objeto real ou área que representa.

Estrutura espacial: espaço gráfico visível composto pelos objetos gráficos e suas relações.

Figura: representação gráfica cujo propósito é apresentar a estrutura física de um objeto físico. Pode apresentar elementos distorcidos ou representações literais.

Gráfico de tempo: representação gráfica onde a estrutura é criada para apresentar a passagem do tempo.

Gráfico estatístico: representação gráfica cuja estrutura serve para apresentar ou comparar quantidades.

Gráfico estatístico de tempo: representação gráfica que se qualifica tanto como gráfico de tempo quanto gráfico estatístico.

Imagem estática: imagem que não possui movimento. Exemplo: foto ou mapa.

Imagem tátil: versão da imagem estática traduzida e adaptada para o sentido tátil.

Impressão 3D: tecnologia de fabricação de objetos em três dimensões, através da adição de material camada por camada.

Legenda: a listagem sistemática dos elementos, e suas explicações, em uma imagem tátil.

Leiaute: esboço e planejamento da disposição dos objetos na imagem tátil.

Mapa: representação gráfica cujo propósito é representar um arranjo físico em uma superfície geográfica. O espaço métrico do mapa pode ser distorcido ou envolver representações literais do espaço físico.

Mapa de rotas: representação gráfica que se qualifica tanto como mapa quanto como diagrama de ligações.

Mapa estatístico: representação gráfica que se qualifica tanto como mapa quanto como gráfico estatístico.

Mapa estatístico de rotas: representação gráfica que se qualifica tanto como mapa de rotas quanto diagrama estatístico de ligações.

Norte geográfico: símbolo ou letra que representa o sentido norte da imagem, geralmente um mapa.

Notas de tradução: um texto preliminar que explica situações especiais de tradução ou uso da imagem.

Objeto gráfico: elemento que, junto com outros objetos, compõe a representação gráfica. O objeto gráfico contém atributos visuais e/ou táteis, como tamanho, forma, cor.

Pós-processamento: etapa de finalização da peça impressa em 3d, como lixamento, suavização e correção de erros.

Representação gráfica: um artefato visível, bidimensional, criado para expressar uma informação.

Rótulo: um objeto gráfico que está ancorado em outro através de agrupamento ou conectores, que serve para nomear e identificar o objeto.

Símbolo: item que representa outra coisa. Exemplo: símbolo do Norte Geográfico.

Tabela: representação gráfica cujo objetivo é apresentar a combinação entre os elementos dispostos na vertical e na horizontal.

Texto: representação gráfica onde os objetos gráficos são expressões de uma língua.

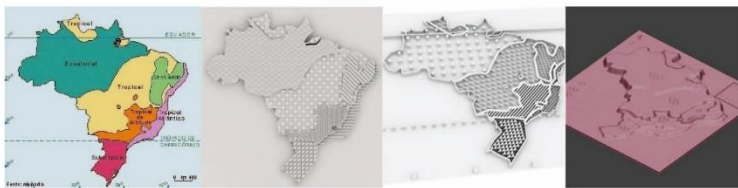
Textura: um padrão tátil que representa uma área na imagem tátil.

Título: uma linha de texto que indica o conteúdo da imagem.

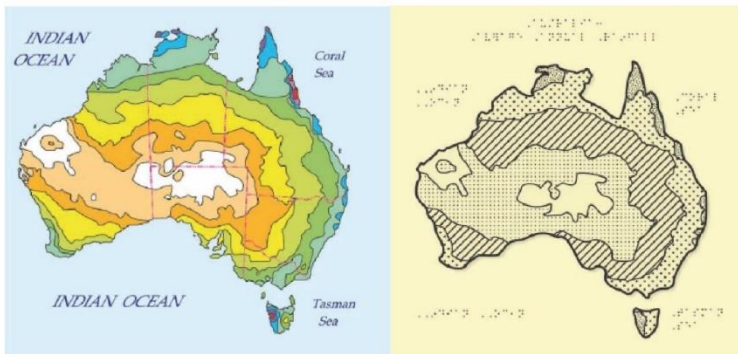
Tridimensional (3D): que tem três dimensões: comprimento, altura e largura.

Exemplos de imagens táteis

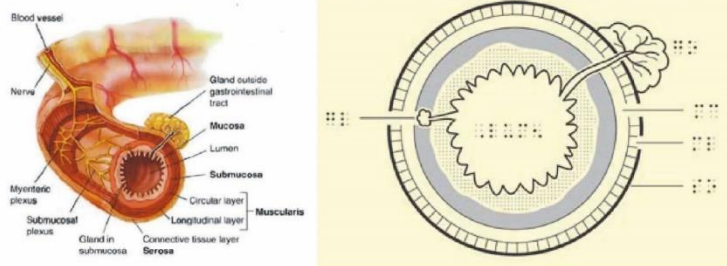
Modelagem digital



Simplificação Fonte: BANA (2011)

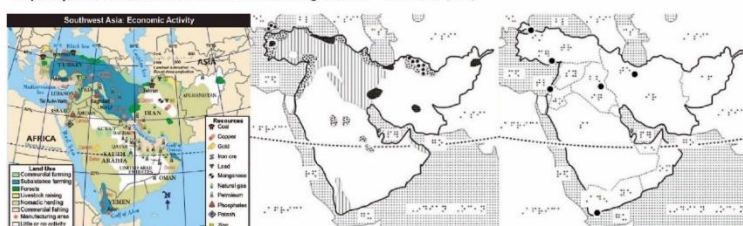


Perspectiva Fonte: BANA (2011)

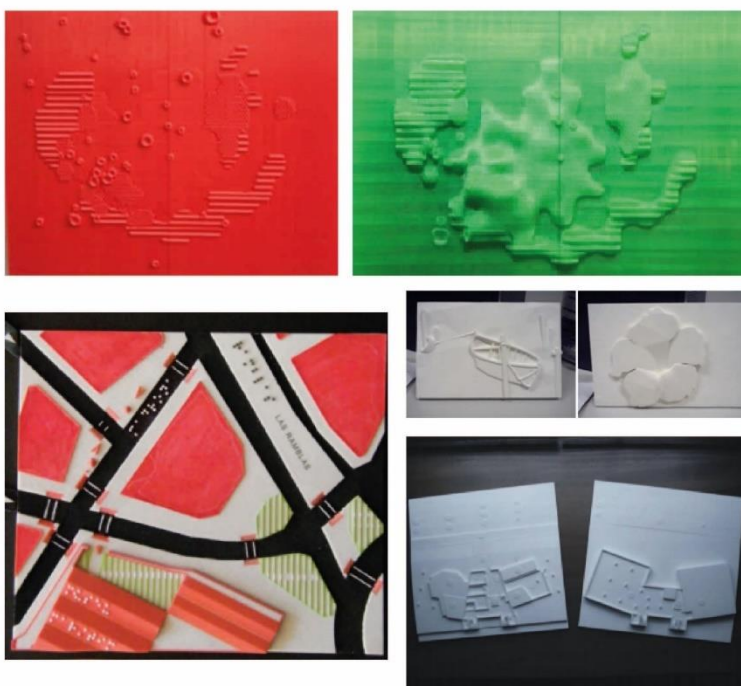


Exemplos de imagens táteis

Separação de assuntos em mais de uma imagem tátil Fonte: BANA (2011)



Imagens táteis impressas em 3D Fontes: Arsujo, Santos (2015), Celani, Milan (2007), Grice et al. (2015), Gual-Ortí, Puyuelo-Cazorla, Lloveras-Macia (2015)



APÊNDICE F - REPOSITÓRIOS DE OBJETOS DE APRENDIZAGEM

QUADRO 15 – Repositórios de objetos de aprendizagem.

Repositório	Categorias existentes e interessantes				Observações
	EF/EM	Geo.	Imagens	Outra	
Escola Digital	x	x		x	Tem categoria de planos de aula para professores.
Biblioteca IBGE				x	Possui atlas e categoria para mapas.
Livre Saber Ufscar					Para graduação.
Escola Interativa SEED	x	x	x		57 imagens de geografia EF - 22 mapas 60 imagens de geografia EM - 20 mapas
Projeto Folhas	x	x		x	Sugestão de aulas - em Word ou PDF.
Portal do Professor	x	x	x	x	Sugestão de aulas e também escolha de recursos didáticos pelo tipo de mídia.
Dia a Dia Educação - Livros didáticos	x				Livros didáticos do EM.
Dia a Dia Educação - Geografia		x	x	x	Tem categoria de mapas, mas não divide EF e EM explicitamente. 177 imagens de mapas. 67 imagens de mapas do Paraná.
Dia a Dia Educação - OAs Colaborativa	x	x			41 objetos colaborativos de geografia para o EM.
BIOE	x	x	x		Desatualizado.
Currículo+	x	x		x	Categoria de mapas.
REA Colégio Dante					-
Ambiente Educacional Web	x	x	x		Imagens de geografia só encontra 2 resultados.

RIVED	x	x			Desatualizado.
LabVirt					Só Química e Física.
Multimeios			x		-
Coursera				x	Cursos online.
Khan Academy					Cursos online.
Cesta					Desatualizado, poucos objetos.
EduCAPES			x		-
BNDigital					Acervo digital.
Federação de Repositórios Educa Brasil					Não tem categorias de busca, é um portal de busca para vários outros repositórios.
ROCA UTFPR					Poucos objetos.

FONTE: a autora (2018).

APÊNDICE G – TCLE TESTES PILOTO E DE COMPREENSÃO



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-graduação em Design

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TERMINOLOGIA OBRIGATÓRIO EM ATENDIMENTO A RESOLUÇÃO 196/96 –CNS-MS)

Prezado (a) Senhor (a), sou Emilia Christie Picelli Sanches e estou realizando a pesquisa de mestrado chamada “**Modelo de tradução para acessibilidade de imagens estáticas de objetos de aprendizagem para impressão tridimensional**”, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Design - UFPR, sob supervisão das Professoras Dra. Claudia Mara Scudelari de Macedo e Dra. Juliana Bueno. Tem como objetivo propor um modelo para a tradução de imagens estáticas – tendo como objeto de estudo mapas da disciplina de Geografia (Ensino Fundamental e Médio) em imagens táteis impressas em 3D, para acessibilidade de pessoas cegas.

A coleta de informações para o presente estudo se dará através de teste de compreensão, realizado em local previamente acordado com o voluntário, junto à mestranda. Os procedimentos de coleta das informações serão executados por meio de gravação em vídeo das mãos do (a) voluntário (a), registros por áudio e anotações escritas. Em caso de dúvidas, você será totalmente esclarecido pelos responsáveis da pesquisa antes e durante a coleta de informações, além da possibilidade de entrar em contato por um dos meios divulgados abaixo.

Reforça-se que o teste de compreensão será feito de forma voluntária, que as informações cedidas são anônimas e confidenciais e que em qualquer momento, caso queira, poderá desistir do teste sem nenhum prejuízo a você ou sua família.

Este “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido” atende a Resolução 196/96-CNS-MS.

Eu, _____, RG _____ - SSP/_____, estando ciente das informações acima lidas, concordo em participar da pesquisa “**Modelo de tradução para acessibilidade de imagens estáticas de objetos de aprendizagem para impressão tridimensional**” e entendo que, as informações cedidas por mim são confidenciais, autorizando a sua divulgação no meio científico e acadêmico de forma anônima e global, tendo a minha identidade totalmente preservada. Estou ciente de que sou voluntário e, portanto, não receberei nenhum benefício por participar deste estudo, bem como não terei ônus algum. Tenho total liberdade para aceitar ou recusar fazer parte deste estudo e sei que a minha recusa, em qualquer momento ou circunstância, não acarretará nenhum prejuízo para mim.

Curitiba, _____ de _____ de 2017.

Assinatura do Participante

Mestranda Emilia Christie Picelli Sanches

Profa. Dra. Claudia Mara Scudelari de Macedo
(prof^a Supervisora)

Profa. Dra. Juliana Bueno
(prof^a Supervisora)

Email: emilia.ecps@gmail.com
Telefone: 41 99836 5990

APÊNDICE H – TCLE PARA MENORES DE IDADE



Universidade Federal do Paraná
Programa de Pós-graduação em Design

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

(TERMINOLOGIA OBRIGATÓRIO EM ATENDIMENTO A RESOLUÇÃO 196/96 –CNS-MS)

Prezado (a) Senhor (a), sou Emilia Christie Picelli Sanches e estou realizando a pesquisa de mestrado chamada “**Modelo de tradução para acessibilidade de imagens estáticas de objetos de aprendizagem para impressão tridimensional**”, desenvolvida no Programa de Pós-Graduação em Design - UFPR, sob supervisão das Professoras Dra. Claudia Mara Scudelari de Macedo e Dra. Juliana Bueno. Tem como objetivo propor um modelo para a tradução de imagens estáticas – tendo como objeto de estudo mapas da disciplina de Geografia (Ensino Fundamental e Médio) em imagens táteis impressas em 3D, para acessibilidade de pessoas cegas.

A coleta de informações para o presente estudo se dará através de teste de compreensão, realizado em local previamente acordado com o voluntário, junto à mestranda. Os procedimentos de coleta das informações serão executados por meio de gravação em vídeo das mãos do (a) voluntário (a), registros por áudio e anotações escritas. Em caso de dúvidas, você será totalmente esclarecido pelos responsáveis da pesquisa antes e durante a coleta de informações, além da possibilidade de entrar em contato por um dos meios divulgados abaixo.

Reforça-se que o teste de compreensão será feito de forma voluntária, que as informações cedidas são anônimas e confidenciais e que em qualquer momento, caso queira, poderá desistir do teste sem nenhum prejuízo a você ou sua família.

Este “Termo de Consentimento Livre e Esclarecido” atende a Resolução 196/96-CNS-MS.

Eu, _____, RG _____ - SSP/_____, estando ciente das informações acima lidas e como responsável legal por _____ concordo que o(a) mesmo(a) participe da pesquisa “**Modelo de tradução para acessibilidade de imagens estáticas de objetos de aprendizagem para impressão tridimensional**” e entendo que, as informações cedidas por ele(a) são confidenciais, autorizando a sua divulgação no meio científico e acadêmico de forma anônima e global, tendo a sua identidade totalmente preservada. Estou ciente de que o(a) mesmo(a) será voluntário e, portanto, não receberá nenhum benefício por participar deste estudo, bem como não terá ônus algum. Ainda, o(a) mesmo(a) tem total liberdade para aceitar ou recusar fazer parte deste estudo e sei que a sua recusa, em qualquer momento ou circunstância, não acarretará nenhum prejuízo para o(a) mesmo(a).

Curitiba, ____ de _____ de 2017.

Assinatura do Responsável

Mestranda Emilia Christie Picelli Sanches

Profª. Dra. Claudia Mara Scudelari de Macedo
(profª Supervisora)

Profª. Dra. Juliana Bueno
(profª Supervisora)

Email: emilia.ecps@gmail.com
Telefone: 41 99836 5990

APÊNDICE I - PROTOCOLO DO TESTE PILOTO

Objetivo: testar a compreensão de imagens táteis resultantes do uso do modelo de tradução proposto na dissertação e testar o protocolo.

Público-alvo: pessoas cegas, com certa experiência na leitura de imagens táteis, contexto acerca de mapas, cursando ou finalizado o EF ou EM.

Número de participantes do teste: 2.

Material necessário: 5 imagens táteis impressas em 3D, câmera de vídeo, gravador de áudio, cópias do TCLE.

Procedimento:

1. Explicar o objetivo da dissertação e do teste, acomodar as imagens táteis próximas do voluntário, ajustar a câmera para gravar as mãos do participante; explicar também como será o teste, que é anônimo e voluntário, e que em qualquer momento a pessoa pode parar e/ou desistir.
2. Assinatura do TCLE.
 - a. Ler o TCLE, perguntar se prefere digital ou em Braille.
 - b. Uma cópia fica para a pesquisadora e outra para o(a) voluntário(a).
3. Perguntas a serem feitas antes do teste:
 - a. Cegueira congênita ou adquirida?
 - b. Idade?
 - c. Escolaridade?
 - d. Em quais situações já usou ou usa as imagens táteis?
 - e. Como foi o seu aprendizado de Geografia na escola?
4. Iniciar gravação de vídeo e áudio.
5. Entregar a primeira imagem.
 - a. No piloto, fazer um teste apresentando o contexto de cada imagem, e outro sem contexto.
6. Pedir que verbalize a estratégia de leitura da imagem, o que esteja compreendendo da imagem, problemas ou dificuldades, etc.
 - a. Intervir apenas para reforçar que continue falando sobre.
7. Repetir com a segunda, a terceira e a quarta imagem (entrega da imagem + think aloud).
8. Finalizar gravação de vídeo.
9. Ao final da leitura de todas as imagens, realizar a entrevista semi-estruturada:
 - a. Poderia me dizer como foi sua experiência com essas imagens táteis?
 - i. Elas são muito diferentes do que se é acostumado? Poderia explicar?
 - ii. Sentiu alguma dificuldade em compreendê-las?
 - iii. Quais foram as facilidades na leitura da imagem tátil?
 - b. As imagens mantêm um mesmo leiaute. Isso interferiu de maneira positiva ou negativa na leitura?
 - i. Explicar o que é leiaute caso não saiba.
 - c. Alguns elementos eram tridimensionais, e outros tinham elevações diferentes. Poderia me dizer o que achou disso?

- i. Mostrar uma imagem de exemplo caso não lembre.
 - d. O peso das imagens táteis interferiu de maneira positiva ou negativa durante a leitura?
 - e. As texturas das imagens estavam adequadas para a sua percepção? Se não, explique o motivo.
 - f. Possui alguma sugestão de melhoria ou alteração? Pode ser de qualquer natureza, tamanho, textura, peso, elementos 3D, altura, Braille, etc.
- 10.** Finalizar gravação de áudio.
- 11.** Agradecer e finalizar o teste.

APÊNDICE J - PROTOCOLO DO TESTE DE COMPREENSÃO

Objetivo: testar a compreensão de imagens táteis resultantes do uso do modelo de tradução proposto na dissertação.

Público-alvo: pessoas cegas, com experiência na leitura de imagens táteis, contexto acerca de mapas, cursando ou finalizado o EF ou EM.

Número de participantes do teste: 8.

Material necessário: 5 imagens táteis impressas em 3D, 4 imagens impressas em papel (para auxílio na explicação), câmera de vídeo, gravador de áudio, cópias do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE).

Procedimento:

1. Explicar o objetivo da dissertação e do teste, ajustar a câmera para gravar as mãos do participante; explicar também como será o teste, que é anônimo e voluntário, e que em qualquer momento a pessoa pode parar e/ou desistir.
2. Assinatura do TCLE
 - a. Ler o TCLE.
 - b. Uma cópia fica para a pesquisadora e outra para o(a) voluntário(a).
 - c. Em caso de voluntário menor de idade, obter assinatura do responsável antes do teste.
3. Perguntas a serem feitas antes do teste:
 - a. Cegueira congênita ou adquirida?
 - b. Idade?
 - c. Escolaridade?
 - d. Em quais situações já usou ou usa as imagens táteis?
 - e. Como foi o seu aprendizado de Geografia na escola?
4. Iniciar gravação de vídeo e áudio.
5. Entregar a **primeira imagem**.
 - a. Contexto: *essa imagem mostra a divisão do Estado do Paraná em 10 regiões geográficas, que estão indicadas por letras em Braille. O objetivo é compreender a divisão e conhecer os nomes das regiões. Acima, o estado de São Paulo. Abaixo, o estado de Santa Catarina. Ao lado direito, o oceano. E ao lado esquerdo, Mato Grosso do Sul, Paraguai e Argentina.*
 - b. Pergunta específica: *poderia mostrar onde está a região metropolitana, norte pioneiro, etc?*
 - c. Pedir que verbalize a estratégia de leitura da imagem, o que esteja compreendendo da imagem, problemas ou dificuldades, etc.
 - d. Intervir apenas para reforçar que continue falando sobre.
6. Entregar a **segunda imagem**.
 - a. Contexto: *essa imagem tem como objetivo apresentar a temperatura média anual do Estado do Paraná. São 4 intervalos de temperatura, que variam de 15 a 24 graus Celsius. Cada intervalo de temperatura corresponde a uma textura diferente no mapa.*

Acima, o estado de São Paulo. Abaixo, o estado de Santa Catarina. Ao lado direito, o oceano. E ao lado esquerdo, Mato Grosso do Sul, Paraguai e Argentina.

- b. Pergunta específica: *qual textura corresponde a região mais fria/quente do Paraná?*
- c. Pedir que verbalize a estratégia de leitura da imagem, o que esteja compreendendo da imagem, problemas ou dificuldades, etc.
- d. Intervir apenas para reforçar que continue falando sobre.

7. Entregar a terceira imagem.

- a. Contexto: *essa imagem mostra as principais rodovias do Estado do Paraná, indicadas pela linha tracejada. Cidades por onde as estradas passam aparecem como pontos mais altos no mapa, e os nomes estão indicados na legenda. A capital Curitiba é o ponto mais alto da imagem. Acima, o estado de São Paulo. Abaixo, o estado de Santa Catarina. Ao lado direito, o oceano. E ao lado esquerdo, Mato Grosso do Sul, Paraguai e Argentina.*
- b. Pergunta específica: *saberia localizar a cidade X? Maringá, Londrina, Curitiba, Foz do Iguaçu...*
- c. Pedir que verbalize a estratégia de leitura da imagem, o que esteja compreendendo da imagem, problemas ou dificuldades, etc.
- d. Intervir apenas para reforçar que continue falando sobre.

8. Entregar a quarta e quinta imagem.

- a. Contexto: *na tradução da imagem visual para a imagem tátil, foi necessário dividir o conteúdo em duas imagens táteis. A primeira imagem tem como objetivo apresentar um panorama geral de todas as estradas do Estado do Paraná, sem necessidade de entrar em detalhes sobre cada uma. O ponto mais alto do mapa representa a capital Curitiba. Já a segunda imagem representa o relevo do Estado do Paraná, que foi dividido em 4 intervalos de relevo, que variam entre 0 e 1200 metros de altura. Cada intervalo é representado por uma altura diferente no mapa. O ponto mais alto representa a capital Curitiba, e 2 cones com pontos grandes representam os picos do Paraná. Acima, o estado de São Paulo. Abaixo, o estado de Santa Catarina. Ao lado direito, o oceano. E ao lado esquerdo, Mato Grosso do Sul, Paraguai e Argentina.*
- b. Pergunta específica: *quanto mede a região mais baixa/alta do mapa?*
- c. Pedir que verbalize a estratégia de leitura da imagem, o que esteja compreendendo da imagem, problemas ou dificuldades, etc.
- d. Intervir apenas para reforçar que continue falando sobre.

9. Finalizar gravação de vídeo.

10. Realizar a entrevista semi-estruturada:

- a. Poderia me dizer como foi sua experiência com essas imagens táteis?
 - i. Elas são muito diferentes do que se é acostumado? Poderia explicar?
 - ii. Sentiu alguma dificuldade em compreendê-las?
 - iii. Quais foram as facilidades na leitura da imagem tátil?
- b. As imagens mantêm um mesmo leiaute. Isso interferiu de maneira positiva ou negativa na leitura?
 - i. Explicar o que é leiaute caso não saiba.
 - ii. O tamanho das imagens está adequado para a sua percepção? Alteraria alguma imagem?

- c. Alguns elementos eram tridimensionais, e outros tinham elevações diferentes. Poderia me dizer o que achou disso?
 - i. Mostrar uma imagem de exemplo caso não lembre.
- d. O peso das imagens táteis interferiu de maneira positiva ou negativa durante a leitura?
- e. As texturas das imagens estavam adequadas para a sua percepção? Se não, explique o motivo.
- f. Sentiu falta de algum elemento que auxiliaria na melhor compreensão desses mapas?
- g. Possui alguma sugestão de melhoria ou alteração? Pode ser de qualquer natureza, tamanho, textura, peso, elementos 3D, altura, Braille, etc.

11. Finalizar gravação de áudio.

12. Agradecer e finalizar o teste.

APÊNDICE K - RESULTADOS DOS TESTES DE COMPREENSÃO

QUADRO 16 – Resultados dos testes de compreensão - individuais.

T1	
Mapa geográfico	
Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	-
Sugestões	-
Pontos positivos	- Não teve problemas para localizar nenhuma região; - Não achou nenhum erro; - Localizou a região da pergunta sem problemas.
Mapa estatístico	
Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	- Confundiu a letra A pelo número 1; - Ao invés de ler "15 a 18" leu "151 18"; - Texturas parecidas; - Inicialmente achou mais difícil que o mapa anterior; - Primeira textura achou parecida com a última.
Sugestões	-
Pontos positivos	- Localizou todas as texturas.
Mapa de rotas	
Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	- Legenda abaixo do mapa não foi utilizada; - Abreviação da cidade São José dos Pinhais confunde; - Levou um tempo para encontrar a primeira cidade.
Sugestões	-

Pontos positivos	- Após identificar a primeira cidade, as outras foram mais fáceis.
Mapa estatístico de rotas	
Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	- Confundi a legenda embaixo do mapa como sendo o próprio mapa; - Não encontrou o número 1 no mapa, o mais rebaixado; - Leve dificuldade para entender a numeração 1, 2, 3 e 4 como sendo elevações diferentes no mapa;.
Sugestões	-
Pontos positivos	- Localizou Curitiba nos dois mapas; - Entendeu o conceito de elevações após uma maior exploração do mapa.
Entrevista semi-estruturada	
Problemas e dificuldades	- Maior problema foi a diferenciação de texturas, duas delas achou parecidas entre si.
Sugestões	- Diferenciar melhor as texturas; - As duas últimas imagens poderiam ser maiores; - Colocar a identificação do oceano nos mapas.
Pontos positivos	- Gostou e achou melhor do que as imagens de que tinha usado, em papel; - Legendas detalhadas; - Leiaute igual é positivo; - Tamanho adequado.
T2	
Mapa geográfico	
Resposta correta?	Não.
Problemas e dificuldades	- Tem um pouco de dificuldade em ler o Braille.
Sugestões	-
Pontos positivos	- Achou interessante, o mapa dá uma noção das regiões;

Mapa estatístico	
Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	-
Sugestões	-
Pontos positivos	- Identificou todas as texturas, e adivinhou sem ler a legenda onde estava a região mais fria - conhecimento prévio do formato do Paraná; - Sem dificuldades para identificar as texturas.
Mapa de rotas	
Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	- Legenda abaixo do mapa foi confundida como sendo o próprio mapa; - Um pouco de dificuldade para conseguir ler a legenda e localizar as cidades no mapa, mas com a prática disse ser interessante para o aprendizado;
Sugestões	-
Pontos positivos	- Interessante ao aprendizado do cego.
Mapa estatístico de rotas	
Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	- Hífen na legenda confundida com o sinal de subtração;
Sugestões	- Interessante colocar o nome das principais rodovias do Paraná no mapa da malha viária;
Pontos positivos	- Localizou Curitiba sem problemas nos dois mapas; - Tamanho bom para o mapa da malha viária; - Localizou os picos; - Achou interessante o mapa de relevos.
Entrevista semi-estruturada	
Problemas e dificuldades	- Mapa pequeno da malha viária, para a percepção pelo tato, por serem muitas estradas;

	<ul style="list-style-type: none"> - Teve algumas dificuldades de entender algumas imagens, por ser a primeira experiência com o mapa impresso em 3D; - Dificuldade inicial de se adaptar ao Braille no novo material, está acostumado com papel e metal.
Sugestões	<ul style="list-style-type: none"> - Dividir em 2, 3 imagens a malha viária; - No mapa das rodovias, marcar o nome das rodovias.
Pontos positivos	<ul style="list-style-type: none"> - Após o desafio de entender, achou positivo usar a impressão 3D para a educação; - Mesmo leiaute é positivo; - Achou adequadas as texturas; - Interessante ter pontos de referência (Curitiba, por exemplo); - Material está bom.
T3	
Mapa geográfico	
Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	-
Sugestões	-
Pontos positivos	<ul style="list-style-type: none"> - Braille bom, "aceso", está compreensível e nítido, ao contrário de livros em papel que disse ser muitas vezes gasto pelo tempo; - Mapa compreensível;
Mapa estatístico	
Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	-
Sugestões	-
Pontos positivos	<ul style="list-style-type: none"> - Identificou as quatro texturas; - Achou todas as texturas bem diferentes.
Mapa de rotas	
Resposta correta?	Sim.

Problemas e dificuldades	- Confundi a legenda embaixo do mapa como sendo o mapa também, quando perguntado onde estava Curitiba, indicou a legenda; - O ponto mais alto de Curitiba não era muito perceptível em relação às outras cidades.
Sugestões	- Evidenciar melhor Curitiba, como mudar o formato do ponto.
Pontos positivos	- Compreendeu rápido como identificar as cidades;

Mapa estatístico de rotas

Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	- Dificuldade em encontrar o item 1 do mapa de relevo, o nível do mar - muito escondido.
Sugestões	- Deixar em evidência o Braille, fica ruim a leitura quando escondido ou muito próximo de outro relevo.
Pontos positivos	- Identificou a legenda embaixo do mapa; - Identificou Curitiba nos dois mapas; - Tamanho bom do mapa da malha viária.

Entrevista semi-estruturada

Problemas e dificuldades	- O mapa da malha viária era vago, sentiu falta de informações e legenda; - Dificuldade em encontrar o Braille que estava escondido ou em algum canto.
Sugestões	- Identificar por legenda os nomes das estradas no mapa da malha viária; - Colocar mais legenda possível nos mapas.
Pontos positivos	- Quase não teve dificuldades; - Mesmo leiaute é positivo - padronização; - Tamanho está adequado; - O 3D fica mais fácil localizar, como o mapa de relevo; - As texturas estavam adequadas para a percepção.

T4

Mapa geográfico

Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	-

Sugestões	-
Pontos positivos	- Identificou todas as regiões sem problema; - Sem dificuldade.
Mapa estatístico	
Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	- Disse que precisou de uma adaptação para a textura.
Sugestões	-
Pontos positivos	- Identificou rápido todas as texturas, sem dificuldades; - Disse ser diferente do que é feito, com evidência da textura.
Mapa de rotas	
Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	-
Sugestões	-
Pontos positivos	- Conseguiu traçar rota da estrada de uma cidade para a outra, por exemplo de Maringá para Londrina; - Localizou todas as cidades; - Disse que dá para entender bem a geografia das rodovias.
Mapa estatístico de rotas	
Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	- Não encontrou o relevo mais baixo, o item 1, no mapa de altitudes;
Sugestões	-
Pontos positivos	- Localizou Curitiba sem problemas no mapa da malha viária; - Achou tranquilo o mapa de relevo.
Entrevista semi-estruturada	

Problemas e dificuldades	-
Sugestões	- Mapas maiores poderiam ajudar, mas o tamanho já está bom para a compreensão.
Pontos positivos	<ul style="list-style-type: none"> - Gostou da experiência com as imagens táteis; - Os mapas impressos em 3D dão informações mais exatas, para entender como funciona; - Mapa e legenda foram de fácil compreensão; - Legenda bem elaborada; - Mesmo leiaute é positivo - já sabe se localizar; - Tamanhos adequados dos mapas; - Elevações é legal; - Ter um ponto de referência (Curitiba) é importante.

T5

Mapa geográfico

Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	- Difícil lembrar/decorar os nomes na legenda.
Sugestões	-
Pontos positivos	- Conseguiu identificar com facilidade as regiões.

Mapa estatístico

Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	- A letra Braille A foi confundida com o número 1;
Sugestões	-
Pontos positivos	<ul style="list-style-type: none"> - Identificou todas as texturas, fazendo o paralelo com a legenda; - Todas as texturas estavam diferentes para a percepção.

Mapa de rotas

Resposta correta?	Sim.
-------------------	------

Problemas e dificuldades	- Localizou a legenda abaixo do mapa, mas não identificou como tal; - A abreviação de São José dos Pinhás não funcionou; - Ponto de Curitiba na legenda foi confundido como sendo um ponto no mapa.
Sugestões	-
Pontos positivos	- Não achou difícil achar as cidades.

Mapa estatístico de rotas

Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	- "picos" na legenda foi confundido como parte do título; - Hífen foi confundido como sinal de subtração; - Dificuldade em localizar o item 1 no mapa de relevo - não localizou.
Sugestões	-
Pontos positivos	- Localizou Curitiba nos dois mapas.

Entrevista semi-estruturada

Problemas e dificuldades	- "mais ou menos" difícil.
Sugestões	-.
Pontos positivos	- O da temperatura foi fácil de compreender; - Mesmo leiaute é positivo; - O tamanho está adequado; - Gostaria de ter na aula; - Altura do Braille estava bom; - Material estava bom.

T6

Mapa geográfico

Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	-

Sugestões	-
Pontos positivos	- Sem dificuldades.
Mapa estatístico	
Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	- Confundi a letra Braille A com o número 1;
Sugestões	-
Pontos positivos	- Sem dificuldade para identificar as texturas.
Mapa de rotas	
Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	- A legenda embaixo do mapa não foi encontrada; - Certa dificuldade em encontrar algumas cidades.
Sugestões	-
Pontos positivos	- Compreendeu facilmente a encontrar as cidades; - Quando seguiu o "tracinho", a estrada, achou mais facilmente a próxima cidade; - Entendeu a abreviação de São José dos Pinhais.
Mapa estatístico de rotas	
Resposta correta?	Não (malha viária) e Sim (relevo).
Problemas e dificuldades	- Achou que o ponto de Curitiba era na legenda do mapa da malha viária; - O hífen confundido com o sinal de subtração; - Certa dificuldade para entender que as informações abaixo do mapa eram a legenda; - Dificuldade em achar Curitiba - achar o ponto mais alto; - Achou difícil o mapa de malha viária; - Dificuldade em encontrar o item 1, o nível do mar.
Sugestões	- Ao invés de ponto mais alto, falar outro termo "ponto erguido", por exemplo;

Pontos positivos	-
Entrevista semi-estruturada	
Problemas e dificuldades	- Achou que a dificuldade foi progredindo, do fácil ao impossível; - Relevos diferentes teve dificuldade; - Prefere mapas grandes.
Sugestões	- Explicar mais sobre os mapas.
Pontos positivos	- Mesmo leiaute é positivo; - Tamanho está adequado; - Braille estava adequado.
T7	
Mapa geográfico	
Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	-
Sugestões	-
Pontos positivos	- Sem nenhum problema para identificar as regiões;
Mapa estatístico	
Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	- A primeira e última texturas foram parecidas para a percepção.
Sugestões	-
Pontos positivos	- Compreendeu todas as texturas.
Mapa de rotas	
Resposta correta?	Sim.

Problemas e dificuldades	<ul style="list-style-type: none"> - O ponto de Curitiba na legenda abaixo do mapa foi confundido como sendo do próprio mapa; - Curitiba não foi localizada no mapa. - Certa dificuldade para encontrar algumas cidades, Apucarana por exemplo.
Sugestões	<ul style="list-style-type: none"> - Informações no canto atrapalha a percepção - Braille estava próximo demais da linha; - Colocar a legenda de Curitiba junto com as outras cidades.
Pontos positivos	<ul style="list-style-type: none"> - Compreendeu rapidamente como procurar pelas cidades.

Mapa estatístico de rotas

Resposta correta?	Não (malha viária) e Sim (relevo).
Problemas e dificuldades	<ul style="list-style-type: none"> - Dificuldade em localizar Curitiba como ponto mais alto.
Sugestões	<ul style="list-style-type: none"> - Colocar Curitiba escrito no próprio mapa.
Pontos positivos	<ul style="list-style-type: none"> - Localizou o item 1, no nível do mar, no mapa de relevo; - Disse não ter dificuldade em localizar os relevos.

Entrevista semi-estruturada

Problemas e dificuldades	<ul style="list-style-type: none"> - Acostumar o tato para compreender as texturas.
Sugestões	<ul style="list-style-type: none"> - Colocar o nome de Curitiba mais próximo do ponto do mapa (ou colocar na legenda).
Pontos positivos	<ul style="list-style-type: none"> - Achou excelente, considerou uma aprendizagem, por não ter tido mapas assim antes; - Mesmo leiaute é positivo; - Tamanho está adequado; - Gostou das elevações e 3D.

T8

Mapa geográfico

Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	-

Sugestões	-
Pontos positivos	- Sem dificuldades em compreender o mapa.
Mapa estatístico	
Resposta correta?	Não.
Problemas e dificuldades	- Não compreendeu as texturas; - Achou mais complexo que o anterior, pois teria que sentir a semelhança da textura entre o mapa e a legenda.
Sugestões	-
Pontos positivos	-
Mapa de rotas	
Resposta correta?	Sim.
Problemas e dificuldades	- Muita informação; - Letra Braille está muito próxima do ponto, apertada, não deixa o dedo chegar; - A legenda debaixo do mapa foi confundida como sendo o próprio mapa; - Dificuldade em chegar em algumas letras Braille por estarem muito próximas do relevo/ponto.
Sugestões	- Ter alguém para treinar o cego a ler o mapa.
Pontos positivos	- Mais fácil que o mapa de temperatura.
Mapa estatístico de rotas	
Resposta correta?	Sim (malha viária) e Não (relevo).
Problemas e dificuldades	- Muita informação, não visualiza; - Não localizou o primeiro item do mapa de relevo. - Difícil se localizar sem a ajuda de um professor de Geografia.
Sugestões	- Necessário alguém para explicar melhor.
Pontos positivos	- Localizou Curitiba nos dois mapas.

Entrevista semi-estruturada	
Problemas e dificuldades	- Braille próximo do relevo.
Sugestões	- Ter um professor acompanhando.
Pontos positivos	- Conseguiu manipular e entender os mapas; - Mesmo leiaute é positivo; - Legenda boa; - Tamanho está adequado; - Braille está bom.

FONTE: a autora (2018).