

Revista Brasileira de Cartografia (2016), Nº 68/3: 481-493
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

PRODUÇÃO DE SÍMBOLOS TÁTEIS CONSTRUÍDOS COM IMPRESSORA 3D PARA MAPAS DE ORIENTAÇÃO AO VISITANTE

Tactile Symbols Production Constructed from 3D Printer for You-Are-Here Maps

**Vivian de Oliveira Fernandes¹, Mauro José Alixandrini Junior¹,
Juliana Moulin Fosse², Delson Lima Filho³ & Maximiliano da Silva⁴**

¹Universidade Federal da Bahia – UFBA

Departamento de Engenharia de Transportes e Geodésia – Escola Politécnica
Rua Aristides Novis, 2 Federação CEP: 40210-630 Salvador - BA, Brasil
{vivian.fernandes, mauro.alixandrini}@ufba.br

²Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

Departamento de Engenharia – Instituto de Tecnologia
Rodovia BR 465, Km 07, s/n - CEP: 23890-000 Zona Rural, Seropédica - RJ, Brasil
jumoulin@ufrj.br

³Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

Departamento de Arquitetura – Instituto de Tecnologia
Rodovia BR 465, Km 07, s/n - CEP: 23890-000 Zona Rural, Seropédica - RJ, Brasil
dlifo@ig.com.br

⁴Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro - UFRRJ

Curso de Ciências Sociais – Instituto de Ciências Humanas e Sociais
Rodovia BR 465, Km 07, s/n - CEP: 23890-000 Zona Rural, Seropédica - RJ, Brasil
max.jms87@gmail.com

Recebido em 10 de Junho, 2015/Aceito em 1 de Novembro, 2015
Received on June 10, 2015/Accepted on November 1, 2015

RESUMO

O objetivo deste artigo é apresentar o método de desenvolvimento de símbolos táteis. Durante a produção dos símbolos foi utilizada uma impressora 3D, do tipo Prusa por fusão de ABS. Os símbolos produzidos geraram a representação de um mapa de orientação ao visitante. Eles foram desenvolvidos com a participação de um graduando de 24 anos, totalmente cego desde os 15 anos. Quatro entrevistas permitiram avaliar a eficácia dos símbolos e após cada entrevista os resultados eram analisados, discutidos e implementados numa nova versão. Finalmente foi construído um mapa tátil de localização do primeiro pavimento do prédio principal da UFRRJ. A eficiência do mapa foi testada pela medida do tempo de execução de cinco tarefas propostas ao avaliador do mapa. As experiências estabeleceram aspectos importantes em relação a produção de símbolos táteis. Foi observado que o símbolo associado ao braille tem grande potencial, mas a construção apresentada ainda não obteve resultados aceitáveis por não resistir ao manuseio. A solução parcial foi a associação de técnicas artesanais no acabamento do símbolo tátil. Outra conclusão foi a necessidade de treinamento do usuário para a compreensão de símbolos que venham a fazer a associação pictórica de significado. O avaliador

levou cerca de 16 minutos para executar 5 tarefas pré-estabelecidas. O layout do mapa e a legenda precisam de maiores estudos pois revelam paradigmas originados da necessidade ergonômica do leitor e dos requisitos da escrita braille.

Palavras-chave: Simbologia, Mapas Táteis, Impressora 3D.

ABSTRACT

The goal of this paper is introduce the method to develop tactile symbols. They are produced from rapid prototyping or 3D printer type Prusa Mendel 3D with ABS fusion. The produced symbols are use in a you-are-here map. All produced symbols were tested with support from a university student 24 years and total blind since yours 15 years. Four inter-views were carried on symbols evaluation. After each interview the results were analyzed, discussed and implemented in a new symbol version. Finally it was made a you-are-here tactile map of the first floor UFRRJ main building. The map efficiency was tested by measuring the runtime of 5 tasks proposed to the evaluator map. The experiments set forth in this work revealed significant aspects regarding the making of tactile symbols. It was observed that the symbol associated with the braille has great potential. However, the construction shown non-acceptance to withstand handling. The solution presented was the combination of artesanal techniques in the touch symbol finish. Another conclusion was the need for training in understanding symbols that may make the pictorial association of meaning. The evaluator performed the 5 preactivities established in 16 minutes. The map layout and legend must be studied because they reveal originated paradigms of ergonomic needs of the reader and Braille writing requirements.

Keywords: Symbology, Tactile Maps, 3D Printer.

1. INTRODUÇÃO

A evolução e a necessidade de conceitos de localização em ambientes de circulação controlada como indústrias, shoppings, grandes parques (naturais e temáticos) e complexos turísticos culminou com a criação do conceito de sistemas wayfinding. Tais sistemas designam um conjunto de equipamentos de sinalização tais como mapas, totens, placas e padrões que auxiliam na localização e navegação de pessoas nesses ambientes incluindo a acessibilidade de pessoas com deficiências visuais. Muitos autores, dentre eles Cunha (2011), Thinus-blank e Gaunet (1997), Silva e carneiro (2012), Ferreira e Silva (2012), Nogueira et al (2014), Lara-prieto et al (2015), Groenendyk (2013), Gual-orti et al (2015), Andrews (2013) citam o mapa tátil como um dos recursos desses sistemas.

Este trabalho investigou parâmetros que podem ser utilizados na adoção dos princípios de comunicação presentes na teoria de wayfinding. O primeiro conceito afirma que a simbologia deve ser interpretada de forma instintiva. A limitação imposta pela não visualização do mapa restringe este critério e gera um importante campo de estudo. Aliado a isso, o estudo propôs a utilização de símbolos produzidos a partir de prototipagem rápida por impressoras 3D de fusão de acrilonitrila butadieno estireno (ABS). A impressão 3D possibilita a replicação do

modelo proposto e uma maior capacidade de disseminação de desenvolvimentos similares, no qual atualmente ocorre uma rápida popularização desta tecnologia. Outro ponto importante que motivou o estudo é a tendência de que o Brasil demande melhorias na acessibilidade para a população com deficiência visual. De acordo com (Who, 2014) a Organização Mundial da Saúde afirma que 285 milhões de pessoas possuem algum tipo de deficiência visual, sendo que, deste número mais de 90% se encontram em países em desenvolvimento. É importante salientar que a proporção de pessoas com deficiência aumenta com a idade. De uma maneira geral, as crianças até 14 anos são 4,3% dos deficientes no Brasil. Já aquelas pessoas que apresentam idade igual ou superior a 65 anos são 54% dos deficientes brasileiros. Em países desenvolvidos, 5% dos deficientes visuais são crianças e 75% são idosos. Em outras palavras, à medida que a estrutura da população envelhece, a proporção de pessoas com deficiência aumenta, demandando assim atender às suas necessidades específicas.

Para delimitação dos objetivos do estudo adotou-se a classificação médico-educacional (quadro 1) que é simplificada quando comparada a outras classificações médico oftalmológicas. Esta classificação leva em consideração as duas escalas oftalmológicas, acuidade visual e o campo visual, como disposto a seguir:

Quadro 1: Classificação médico-educacional

Grau de perda da visão	Acuidade visual (m)	Campo visual
Cego	0 a 6/60	Restrito a 20° de amplitude
Visão subnormal	6/60 a 8/60	Amplitude visual entre 20° e 50°

Fonte: Ferreira (2011).

Na classificação médico-educacional, os indivíduos considerados cegos precisam de instruções em braille para aprender. Já aqueles que apresentam visão subnormal necessitam do material ampliado ou utilizam recursos óticos na sua aprendizagem, como lupas. Sendo foco deste trabalho apenas a população dos considerados cegos.

Outro conceito estudado assume que a identificação de objetos por meio do tato não se realiza simplesmente pelo toque e pela exploração, pois é preciso desenvolver uma sensibilidade tátil para percebê-los e conhecê-los. Por isso, as pessoas cegas ou com deficiência visual total devem ser estimuladas a desenvolver a sensibilidade tátil desde o início do diagnóstico médico. A estimulação por meio de tato pode ser realizada pelo manuseio de diversos objetos de tamanhos, formas e texturas superficiais distintas e adequadas à inspeção, considerando o grau de maturidade do usuário, sabendo-se que as mãos não substituem os olhos (NOGUEIRA, 2007). Deste modo, o desenvolvimento de técnicas que permitam a reprodução de símbolos favorece utilização em processos de treinamento tátil.

2. MAPAS TÁTEIS

A cartografia moderna incorpora uma série de técnicas especiais para conseguir elaborar representações do espaço para pessoas com deficiência visual. A cartografia tátil utiliza técnicas que possibilitam a transformação de informações gráficas em táteis. Ela baseia-se num mapa em relevo que apresenta uma versão extremamente generalizada de uma representação visual. Outro conceito análogo ligado a representação de imagens de forma tátil são os gráficos táteis (VOVZENÍLEK, 2009), que transmitem informações não-textuais, tais como pinturas, gráficos, diagramas e também mapas. Os gráficos táteis podem ser elaborados de várias maneiras, as principais tecnologias utilizadas para gráficos táteis são:

- Artesanal: Seus princípios são baseados no modelismo manual, utilizando materiais que são colados para formar um gráfico tátil. Os produtos podem ter maior durabilidade, dependendo dos materiais utilizados. A tecnologia é usada para a educação pré-escolar, no reconhecimento de materiais e cores, formas básicas e simples tarefas semelhantes. Apesar de serem feitos originalmente para atender as necessidades dos usuários, não se pode reproduzi-los e cada gráfico é original. A tecnologia de forma artesanal tem baixa produtividade e requer testes e treinamentos.
- Gráficos em relevo: baseia-se em gráficos Braille. Uma impressora matricial braille produz pontos que podem ser colocados alinhados formando gráficos. Esse tipo de produto é adequado para produção em massa - utilizando papel comum, sem variação da altura com limitação na variedade de preenchimentos e formas. Tem baixa durabilidade e podem ser de difícil visualização para deficientes com baixa visão.
- Papel micro encapsulado: caracteriza-se por um tipo especial de papel com microcápsulas de álcool incorporadas que se dilatam quando expostas ao calor, fazendo com que a superfície do papel se rompa. A adição de tinta preta sobre o papel antes de um processo de calor permite o controle sobre as áreas modificadas. Esta tecnologia precisa de impressora especial e papel, possui facilidade para atualização, edição e reprodução em escala. É possível criar linhas, formas e preenchimentos. No entanto, há um número limitado de preenchimentos e texturas disponíveis, e além disso, ressalta-se a dificuldade em adicionar Braille sem software de transcrição. Mesmo existindo fonte braille existe a necessidade de inserção de símbolos de início e fim de página e caixa alta e baixa, por exemplo que demandam um mínimo de conhecimento do código.
- Termoformagem: baseia-se em um gráfico tátil mestre coberto com plástico, aquecido e aspirado sobre o original para criar uma cópia. Possibilita variações em altura e textura permitindo a produção em escala de cópias de um molde mestre e do texto em

mais complexos. Nos padrões estabelecidos para gráficos táteis pela Braille Authority of North America (BANA) em 2010 são descritas três ordens de representações de linhas (Figura 2).

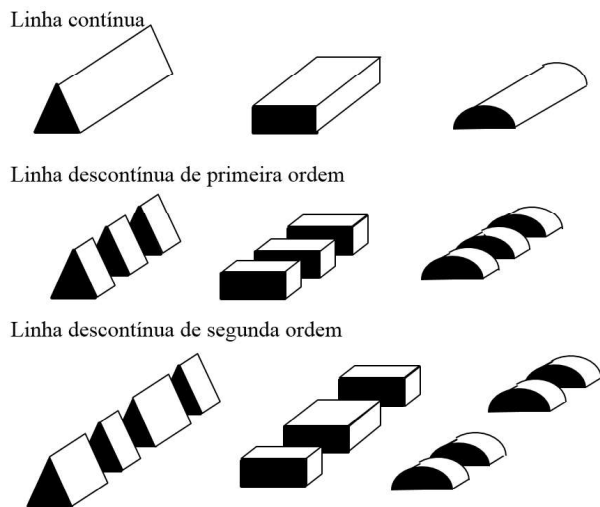


Fig. 2 - Exemplos de símbolos sugeridos pela Normas e Padrões estabelecidos para gráficos táteis (Fonte: adaptado de BANA & CBA, 2010).

2.1.3 Símbolos de Área

Os símbolos de área utilizam padrões e texturas para sua identificação, conforme a Figura 3. Por isso aponta-se a questão da similaridade tátil dos símbolos. Isto é, a maior ou menor capacidade de distinção de dois padrões ou texturas propostas numa mesma representação. O instituto real britânico de pessoas com deficiência visual (Royal National Institute of Blind People UK - RNIB) agrupou alguns tipos de textura que devem ser utilizadas segundo sua similaridade tátil.

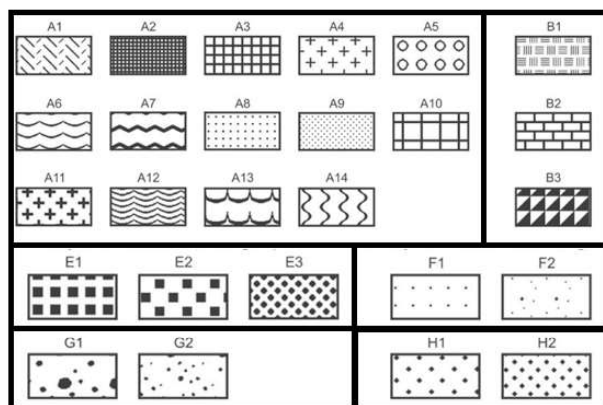


Fig. 3 – Classes de textura tátil por similaridade (Fonte: BANA & CBA apud RNIB, 2010).

Com base em testes empiricos foram definidas classes de texturas a Classe A seria a classe que guarda menor similaridade e pode ser utilizada independento da associação dos padrões utilizados. A Classe B não pode ser utilizada em conjunto e da mesma forma deve-se evitar o uso das classes E e F, G em associação. Ressalta-se que o instituto nacional real britânico não preve as alturas desses padrões para textura ou símbolos.

3. PROTOTIPAGEM RÁPIDA

Surgiram a partir de 2012 várias iniciativas de compartilhamento de tecnologias de replicação que geraram os primeiros projetos de impressora open source. Foram impressoras que tinham o seu projeto de montagem de hardware e software de livre acesso. Isso permitiu uma massificação do acesso às impressoras 3D. Um dos projetos mais citados na literatura é o RepRap (2012) com o modelo Prusa sendo um dos primeiros e mais aplicados modelos de impressora 3D.

A Figura 4 mostra uma típica estrutura de uma impressora 3D, onde observa-se três eixos de movimentação e uma estrutura de extrusão do polímero usado: o filamento de ABS. A mesa base é aquecida para que haja aderência da peça durante o processo de fabricação.

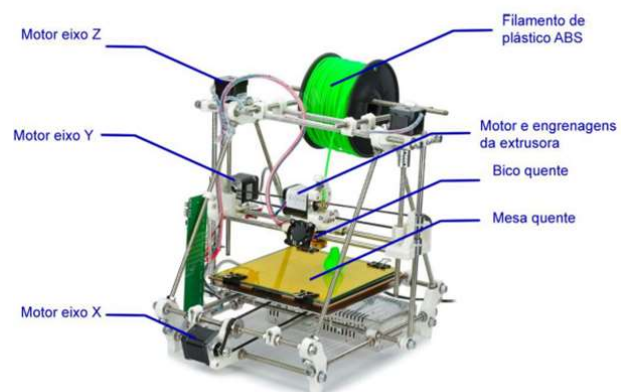


Fig. 4 – Estrutura de uma impressora 3D Prusa. (Fonte: AZEVEDO, 2013).

Em geral, as impressoras 3D são usadas na fabricação de peças com projetos modelados em computador. O processo de fabricação das peças é distinto do tradicional, como a usinagem, onde o material é esculpido até a criação de uma peça. Nas impressoras 3D o material é depositado camada a camada no objeto a ser criado, reduzindo as sobras.

A produção de peças depende parcialmente de determinação experimental de retração do filamento em função da montagem da impressora ou de condições ambientais durante a impressão. A retração do filamento não controlada interfere nas características táteis como textura e paralelismo das faces do símbolo (Figura 4).

O processo de impressão 3D se inicia por meio de um arquivo STL 3D (*STereoLithography*), que modela a peça a ser fabricada. Obtém-se uma representação tridimensional baseada em um software de CAD (*Computer Aided Design*), geralmente no formato STL (representação em uma malha triangular). Com a geração de arquivo STL, o modelo é enviado para um programa CAM (*Computer Aided Manufacturing*), específico para cada processo/máquina onde será fatiado em camadas paralelas entre si e perpendiculares ao eixo Z. Em seguida, o programa com o sistema CAM processa a trajetória da máquina para cada uma das camadas e ao final do processo é gerado um arquivo em código numérico de controle, normalmente conhecido como G-Code I. Tal arquivo é o utilizado pelo programa que comanda a execução dos movimentos da impressora 3D. Finalmente, a máquina de prototipagem rápida inicia a fabricação do objeto por adição em camadas finas, onde cada camada é depositada sobre a anterior.

O posicionamento da peça na plataforma de impressão durante a fase de fatiamento diz respeito à posição que se deseja imprimir a peça. Uma vez que a impressão é realizada através da deposição de camadas, a posição de impressão impacta diretamente na resistência e aparência da peça.

A Figura 5 mostra um esquema do fatiamento de um cilindro. Peças cilíndricas, por exemplo, ficam com melhor acabamento se realizadas normais à superfície base, isto é, o cilindro posicionado como se fosse uma coluna. Porém, apesar do melhor acabamento da superfície externa, a peça terá baixa resistência à tração, visto que isto poderia causar o descolamento das camadas. Se a mesma peça for posicionada paralela à superfície base, como uma coluna caída sobre o piso, a peça terá uma excelente resistência mecânica na tração e compressão, mas terá um acabamento rugoso, visto que as camadas depositadas formarão uma espécie de escada na superfície circular do produto.

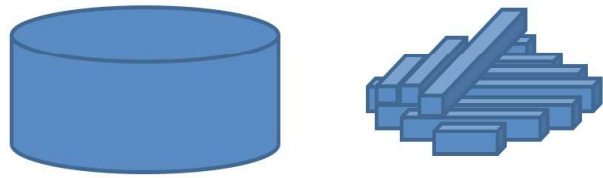


Fig. 5 - Fatiamento de uma peça cilíndrica.

Os *softwares* de impressão podem oferecer um leque abrangente de variáveis de impressão que se relacionam a grupos de parâmetros específicos. Dentre os principais grupamentos de parâmetros citam-se:

- Parâmetros de acurácia (*Accuracy*): definem altura de cada camada e espessura da parede da peça.
- Parâmetros de preenchimento (*Fill*): percentagem de preenchimento e espessuras do topo da base da peça.
- Parâmetros de Saia (*Skirt*): teste do bico realizado em uma camada prévia em volta da área de impressão da peça.
- Parâmetros de velocidade e temperatura (*Speed and temperature*): valores de velocidade e temperatura de operação do bico da impressora.
- Parâmetros de suporte (*Support*): controla partes de sustentação acessória de partes da peça a ser montada, sendo que as partes seriam destacadas da peça final.
- Parâmetros de tamanho da Máquina (*Machine Size*): dimensões máximas de impressão.

4. SISTEMAS WAYFINDING: CONCEITO FOCADO EM SINALIZAÇÃO

Wayfinding é o modo pelo qual os usuários chegam a um destino, situam-se no espaço, englobando processos perceptuais, cognitivos e comportamentais envolvidos no alcance do destino (ARTHUR & PASSINI, 2002).

Entendendo o processo de orientação espacial, ou *wayfinding* como solução de um problema espacial, Arthur e Passini (2002) apresentam três etapas inter-relacionadas:

- Tomada de decisão (plano de ação);
- Execução da decisão (plano em ação);
- Processamento da informação (percepção e cognição do ambiente onde se formou a base dos processos anteriores).

Para que ocorra o processo de orientação espacial ou wayfinding de forma bem-sucedida,

as pessoas precisam ter várias habilidades cognitivas (como o reconhecimento de objetos) e também conhecimento espacial. O conhecimento espacial é elaborado nos níveis de ação no espaço, percepção do espaço e, concepção sobre o espaço, todos apresentados de forma integrada. A construção da representação espacial é realizada com a aprendizagem/conhecimento de:

- Marcos referenciais (landmarks) - como um evento perceptual, ligado as particularidades de cada local, como um reconhecimento do contexto.
- Rotas - como evento sensorio-motor, relativo a caminhos específicos para deslocamento de um ponto a outro, como uma associação de mudanças a partir dos marcos.
- Configuração - também chamado de levantamento (informação métrica como a interligação das rotas em rede como um conjunto).

4.1 Princípios

Os sistemas wayfinding são resultado do conjunto de equipamentos de sinalização utilizados para segurança, localização e navegação do usuário por um ambiente. Sinalização é um termo muito amplo e genérico: pode-se dizer que gestos são utilizados para sinalizar. Uma simples dobra no canto superior de uma página é compreendida como um sinal, uma marca que pode ter um significado: retomar a leitura a partir daquele ponto. Quando se marca, destaca ou diferencia um ponto no ambiente, sinaliza-se aquele ponto. A finalidade é a informação, inequívoca e instantânea. O funcionamento ocorre através da interação das mensagens visuais e a reação dessas mensagens.

Um mapa, como uma forma de comunicação por sinais, deve satisfazer algumas exigências (NZ TRANSPORT AGENCY, 2008):

- Ser relevante para o leitor.
- Ser facilmente entendido.
- Ser facilmente identificado.
- Ser facilmente lido
- Ser tocado e manipulado

O sistema de comunicação é composto por um código universal de sinais, símbolos (iconográficos, tipográficos e cromáticos) e um procedimento técnico que estabelece previamente um programa (planejamento). A estratégia de comunicação é a distribuição lógica

de mensagens fixas ou estáticas localizadas “in situ”, destinadas à atenção voluntária e seletiva do usuário nos pontos-chave do espaço, que pressupõem dilemas de comportamento.

No contexto de um sistema wayfinding o mapa tátil de orientação indoor é o primeiro contato da pessoa com deficiência visual com o sistema. O mapa deve conter simbologia compatível com a sinalização vertical projetada para esse público. Associado a sinalização horizontal, no caso específico o piso tátil, promove-se um sistema de navegação dentro do ambiente para a pessoa com deficiência visual.

A aquisição da informação espacial pode ser fornecida pela leitura de um mapa ou pela progressiva construção de um mapa mental do ambiente explorado, seja em função da experiência, ou em função de outras fontes de informação. Intuitivamente, é aceitável afirmar que a visão tem um papel crucial na construção do mapa mental ou da percepção espacial do ambiente. Além disso, outras modalidades sensoriais como a audição, olfato, tato e retornos dinâmicos como os propiciados pelo andar também envolvem a percepção do espaço. No entanto, quando essas modalidades sensoriais têm de assumir uma base para a construção de uma percepção espacial em substituição a visão devem receber informações que tenham a mesma acurácia e propriedades das elaboradas para a visão.

Thinus-blanc e Gaunet (1997) afirmam após compararem desempenhos em tarefas que exigiam a percepção espacial com as modalidades sensoriais diferentes da visão. A visão desempenha um papel crucial até mesmo no processamento das informações não visuais, visto que o processamento dessas informações é muito mais eficiente por pessoas de grupos de pessoas com deficiências visuais tardios do que pessoas com deficiências visuais precoces e congênitos. Ao se colocar mais uma variável dentro do problema de comunicação, admite-se que existe uma diferença natural no processamento espacial da informação entre esses grupos.

5. METODOLOGIA

A metodologia explorou testes feitos com o projeto de símbolos táteis planos, ou seja, construído por meio da extrusão de figuras

planas. Para produção dos símbolos utilizou-se uma impressora 3D Prusa com a fusão de ABS. Os projetos dos símbolos evoluíram em sucessivas avaliações realizadas por um voluntário de 24 anos, estudante de Ciências Sociais da Universidade Rural do Rio de Janeiro. O voluntário perdeu completamente a visão aos 15 anos e apresenta um domínio moderado do braille. Este utiliza frequentemente recursos computacionais para leitura.

A interação com o avaliador voluntário ocorreu em quatro entrevistas de avaliação onde foram apresentados os símbolos fabricados. Após cada uma das entrevistas, os resultados eram discutidos e implantavam-se as melhorias e variações na simbologia.

As primeiras entrevistas de caráter estritamente qualitativo buscavam a identificação de variações nos símbolos que pudessem melhorar seu desempenho junto a diferenciação dentro de um grupo, memorização e relacionamento com uma ideia ou significado. Na última avaliação os símbolos foram integrados na representação de um protótipo de mapa tátil. A eficiência foi medida pelo tempo de execução de cinco tarefas propostas ao avaliador.

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados desta pesquisa são apresentados em etapas as quais a metodologia foi conduzida a seguir.

6.1 Primeira Avaliação

Na primeira fase foram definidos parâmetros iniciais para formulações de símbolos táteis. Estes parâmetros apoiaram-se em questionamentos sobre a percepção tátil da pessoa com deficiência visual. As entrevistas objetivaram compreender aspectos do comportamento da navegação da pessoa com deficiência visual em um ambiente estranho a ele.

Os símbolos desenvolvidos se dividem em geométricos e pictóricos. Os geométricos baseados em elementos e formas geométricas abstratas e os pictóricos tentando fazer referência à formas e figuras que façam associação ao seu significado no mapa.

O avaliador voluntário interagiu durante o processo de desenvolvimento de cada símbolo. Revelando que muitas das tentativas de associação pictórica falharam na construção

de símbolos táteis. Os símbolos pictóricos táteis dependiam da explicação prévia da relação para o seu reconhecimento (ex.: a construção de uma cruz para a representação de uma capela).

A primeira entrevista com o avaliador foi realizada no dia 16/09/14, durando cerca de cinquenta minutos. A Figura 6 apresenta o primeiro conjunto de símbolos produzidos. Dentre as 16 variações de formas geométricas e pictóricas encontram-se variações em tamanho partindo de dimensões mínimas executadas com a montagem disponível pela impressora 3D.

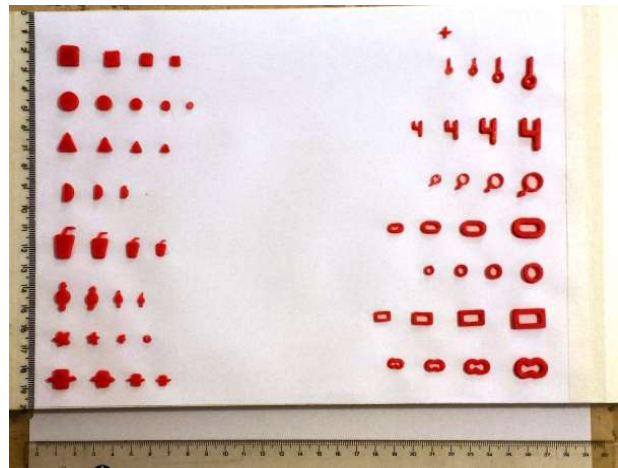


Fig. 6 - mostra o primeiro conjunto de símbolos avaliados.

A primeira avaliação estritamente qualitativa revelou que o espaçamento entre símbolos foi cerca de 15 mm, equivalendo a ponta de um dedo, enquanto que a altura utilizada dos símbolos (2 a 3mm) foram adequadas ao reconhecimento das formas geométricas básicas (quadrado, círculo, retângulo, triângulo, semicírculo) e formas geométricas simples vazadas (círculo e retângulo). Verificou-se que quanto mais simples o símbolo, mais fácil o seu reconhecimento. Os símbolos mais simples podem ter um tamanho menor, enquanto que os mais complexos precisam de um tamanho maior para que as diferenças sejam percebidas de maneira eficaz pelo tato. No conjunto de símbolos testados, os geométricos mais simples podem ser percebidos com facilidade a partir de 5 mm.

Foi levantada nesta etapa a possibilidade de associação de algarismos em braille sobre os símbolos para que pudessem ser mais facilmente assimilados. Por exemplo, associa-se a letra “e”

sobre o símbolo do elevador visando facilitar a sua memorização. Outra sugestão dada pelo voluntário foi ampliar os detalhes importantes dos símbolos não geométricos. Nesse caso, o símbolo de masculino e feminino utilizados nos sanitários pode ser alterado em suas proporções para que a flecha e a cruz que os diferenciam sejam identificadas mais facilmente.

6.2 Segunda Avaliação

A segunda entrevista ocorreu no dia 30/09/14 e durou aproximadamente uma hora e dez minutos. Foram apresentados 14 símbolos, novos ou melhorados a partir da versão anterior. A modelagem dos símbolos foi realizada no *software SketchUp* e tentou-se manter uma relação métrica de proporcionalidade entre eles. A Figura 7 mostra uma parte dos símbolos desta avaliação.

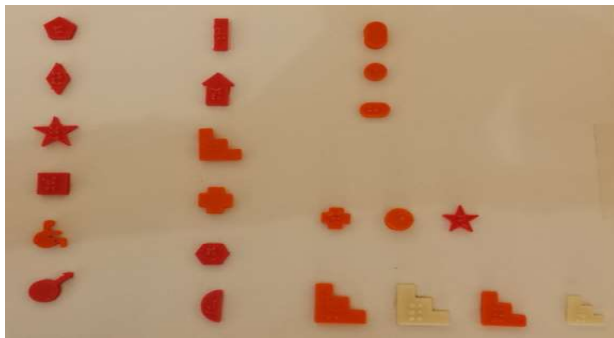


Fig. 7 - Amostra dos símbolos da segunda avaliação.

A avaliação qualitativa se pautou na capacidade de diferenciação dos símbolos apresentados. O avaliador não apresentou dificuldade em diferenciar os 14 símbolos sem confusão aparente. Contudo, para a identificação individual foram apresentadas algumas sugestões como a utilização de setas para identificação de fluxo. Também foram identificados símbolos que, devido à grande generalização, acabaram prejudicados em sua percepção tátil, como, por exemplo, o símbolo de escada, que poderia ser mais rapidamente identificado com um degrau a mais. Outra questão levantada foi em relação a orientação dos objetos não simétricos, que poderiam a princípio, ser utilizados na direção vertical e/ou na horizontal.

O ponto negativo dos símbolos avaliados foi a célula braille impressa sobre os símbolos, a qual não houve êxito. As células braille impressas

junto com os símbolos ficaram frágeis e algumas se quebraram apenas com um toque e aquelas que não quebraram se tornaram ilegíveis ao tato.

Percebeu-se que o símbolo associado ao braille tem grande potencial, mas a construção apresentada não obtém resultados aceitáveis por não resistir ao manuseio. A alternativa foi escrever o texto em braille em um material convencional até a melhoria da impressão do braille sobre o símbolo.

A princípio, para o avaliador, a legenda poderia ser posicionada em qualquer direção próxima ao mapa: em cima, em baixo, do lado esquerdo ou do direito, desde que a pessoa com deficiência visual consiga identificar o limite do mapa e o limite da legenda, de forma que não gerem confusão.

6.3 Terceira Avaliação

A terceira entrevista de avaliação dos símbolos ocorreu no dia 04/11/14 e durou aproximadamente meia hora. Para este encontro foi apresentado ao avaliador uma alternativa provisória de construção do texto braille, feito para ser usado no mapa tátil e na legenda. O braille foi escrito em poliéster com ajuda de um reglete, como apresentado na Figura 8. A ideia é escrever o texto braille e depois recortar e fixar sobre os símbolos criados. Num primeiro momento foi constatada a limitação da área sobre o símbolo para fixação do algarismo braille.



Fig. 8 - Reglete para escrita braille.

O avaliador constatou como satisfatória a adoção dessa técnica auxiliar para a introdução do braille, pontuando ainda, a legibilidade e estabilidade adequada do material. Apontou como ponto crítico o espaçamento entre o texto em braille e os símbolos na situação de topônimos no mapa.

Outra questão levantada foi a associação de algarismos isolados sobre os símbolos táteis.

Principalmente em se tratando das letras “a” ou “k”, pois tais letras possuem apenas um ponto na célula braille confundindo o leitor do mapa. Consequentemente, o usuário não identificará o símbolo de maneira adequada. O avaliador também sugeriu usar “setas” para comunicar as possíveis direções de circulação na edificação. Também sugeriu que o símbolo de “escadas” deveria estar orientado para direção de acesso.

6.4 Quarta Avaliação

No dia 18/11/14 foram realizadas cinco atividades de avaliação com o mapa de localização do andar térreo do prédio principal da UFRRJ apresentado com sua legenda na Figura 9. Nesta etapa, buscou-se uma melhor avaliação quanto ao uso dos símbolos desenvolvidos.



Fig. 9 - Mapa tátil do primeiro pavimento do prédio principal da UFRRJ.

No início da avaliação foi solicitado ao avaliador que analisasse a legenda e reconhecesse os símbolos através da leitura das legendas em braille. O avaliador demandou cerca de 60 minutos para a tarefa, em função da sua fluência em braille, porém toda a legenda foi identificada sem auxílio externo. Observou-se a ergonomia da proposta de layout junto a capacidade de o avaliador ter acesso de as informações constantes no mapa proposto, mostrado na Figura 10.

As observações, quanto a legenda, dizem respeito a manutenção do espaço necessário a leitura entre linhas e no recuo da linha próximo aos símbolos. O braille apresenta simbologia adicional para identificação de letras maiúsculas e minúsculas, bem como acentos gráficos. Sem comprometer o sentido semântico são



Fig. 10 - Atividade de avaliação feita sobre o mapa tátil do primeiro pavimento do prédio principal da UFRRJ.

necessárias adequações da legenda do leitor vidente e do leitor pessoa com deficiência para que a legenda em braille não fique muito extensa. Para elaborar a legenda foi utilizado *software* de tradução braille.

Nos algarismos braille sobre os símbolos ressalta-se a necessidade de compatibilização da área sobre o símbolo com o tamanho de uma a duas células braille, para que o leitor possa reconhecer os caracteres. Além dos textos colocados sobre alguns símbolos, outros textos foram acrescentados ao mapa para indicar o número de algumas salas. Tais textos foram posicionados próximos aos símbolos com a finalidade de correlacioná-los. Segundo a observação do avaliador voluntário, quando o texto é acessado antes ou ao lado do símbolo, a sua leitura é de fácil entendimento. Entretanto, quando o texto se localiza após o símbolo, a leitura é dificultada porque o dedo do leitor precisa ultrapassar o símbolo para ter acesso ao texto. Identifica-se aí uma questão ergonômica bastante relevante para os mapas táteis, deve se prever a situação do leitor sobre o mapa para leitura dos topônimos relevantes.

Deste modo, algumas questões foram elaboradas para que o voluntário pudesse avaliar o mapa. Seguem as atividades de avaliação:

1- Localizar uma sala de aula identificada por um número (sala de aula nº16). Para tanto o avaliador precisou identificar o símbolo específico de sala de aula, e ao mesmo tempo a posição dos símbolos no mapa e identificar a sala solicitada

em braille. A tarefa foi executada em cerca de dois minutos sem dificuldades aparentes.

2- Descrever uma rota da posição encontrada até outro ponto do piso térreo (departamento de física).

Para esta tarefa, foram necessários três minutos.

3- Estimar a distância entre dois pontos do mapa. O avaliador deveria reconhecer os dois pontos com auxílio da legenda. Ele deveria utilizar o recurso da escala gráfica incorporada ao centro do mapa. Ao invés disso, o avaliador respondeu a tarefa com uma estimativa de tempo referenciada no prévio conhecimento das distâncias no prédio. O tempo estimado para percorrer a distância dada foi cerca de dois minutos e meio. Sabe-se que algumas pessoas com deficiência visual têm o hábito de contar o número de passos, ou o tempo de deslocamento e, por isso, a distância métrica pode ser abstrata num mapa de localização.

4- Identificar o número de salas de aula no pavimento. A tarefa visava verificar a capacidade para quantificar e memorizar posições dos símbolos distribuídos na representação. O avaliador realizou a tarefa num tempo aproximado de dois minutos.

5- A partir da localização de uma posição no mapa devia-se encontrar uma rota de fuga do edifício.

A realização dessa tarefa apontou uma dificuldade na busca dos elementos na legenda, devido a sua grande extensão (cerca de 58 cm). E como consequência o usuário necessita esticar o braço para percorrer toda a sua extensão. Uma solução possível é a reorganização da legenda em duas colunas. Na primeira coluna devem estar os elementos mais genéricos e de uso geral, tais como escadas, elevadores, bancos, correios e etc.; enquanto que segunda coluna estejam os elementos mais específicos. No caso deste mapa, os elementos mais específicos foram simbolizados com um quadrado e sobre eles um número, variando de zero a dez, para representar as várias classes e elementos administrativos ligados diretamente às Pró-reitorias da Universidade. Como a localização demandada era uma posição específica ligada a administração da universidade, verificou-se dificuldade na execução da tarefa. A realização dessa atividade durou cerca de sete minutos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O objetivo dessa pesquisa foi gerar simbologia tátil usando uma impressora 3D de baixo custo, onde os símbolos possam ser reproduzidos quantas vezes forem necessárias e em diferentes utilizações, épocas e locais. Como consequência, o material produzido seria cada vez mais familiar ao usuário, uma vez que convergiu a padrões mais aceitos. A partir daí, será possível estudar uma simbologia adequada, testar diferentes compostos de materiais a fim de facilitar e estimular a produção de mapas neste formato e aumentar o acesso dos usuários pessoa com deficiências visuais a este tipo de produto.

As experiências estabelecidas durante esse trabalho revelaram aspectos importantes com relação ao desenvolvimento de uma simbologia tátil por meio de impressoras 3D. É possível criar simbologia e mapas táteis a partir desses equipamentos, mas de forma geral, é necessário avançar no estudo de parâmetros que garantam uma reprodução mais fidedigna, além de estudar a possibilidade de texturização ou suavização das superfícies. Existem técnicas utilizadas para suavização das peças derivadas das impressoras 3D que utilizam ABS. A primeira é o uso de spray de silicone, esta técnica que trata da aplicação de uma ou mais camadas de spray de silicone sobre a peça já finalizada. A expectativa é que as finas camadas de silicone cobririam os poros da superfície da peça e suavizariam os degraus entre as camadas. Essa aplicação fica limitada apenas às peças de geometria simples e convexas. A segunda técnica é o uso de vapor de acetona. A acetona reage com o plástico ABS, dissolvendo o mesmo. A acetona em vapor reage com toda superfície da peça de forma uniforme, dissolvendo-a e selando pequenos poros da superfície.

Existe a necessidade de treinamento para a compreensão de símbolos abstratos, isto é, que fazem menção a uma representação subjetiva, por sua difícil correlação da forma sentida pelo tato com formas tradicionalmente utilizadas em símbolos pictóricos.

A associação de símbolos com braille pode ser feita desde que o símbolo comporte um certo número de células braille e sua orientação seja

regida no mapa final. Devem-se desenvolver formas de impressão de um braille legível e estável sobre o símbolo.

De modo geral, quando os símbolos desenvolvidos foram incorporados ao mapa obtiveram um tempo aceitável na execução de atividades simples. O layout do mapa e da legenda precisam ser estudados pois revelam paradigmas originados da necessidade ergonômica do leitor e dos requisitos da escrita braille. Tais incompatibilidades podem interferir em atividades relevantes como a de estabelecer uma rota de fuga no caso de emergência.

Percebe-se a necessidade de coordenação do mapa com a sinalização vertical tátil para que os símbolos sejam memorizados e remetam sempre ao mesmo significado ou referência.

Pretende-se dar continuidade aos testes e aprimoramentos dos símbolos e validando o resultado final junto a um conjunto maior de avaliadores. Dessa maneira possibilitar no futuro próximo a produção integral de um mapa tátil por esse tipo de impressora 3D.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDREWS, S. K. Applications of a Cartographic Communication. Model to Tactual Map Design. **The American Cartographer**, 15: 2, p. 183-195. 2013.

ARTHUR, P.; PASSINI, R. **Wayfinding - People, Signs, and Architecture**. (1ª ed. 1992). McGraw-Hill. New York: 2002.

AZEVEDO, F. M. **Estudo e Projeto de melhoria de uma máquina de impressão 3D**. Monografia Universidade de São Paulo. 38 págs. São Carlos: 2013.

BANA, **Braille Guidelines and Standards for Tactile Graphics**. Authority of North America.; CBA, Canadian Braille Authority. Canada: 2010. Disponível em <http://brailleauthority.org/tg/web-manual/> Acesso em 26/07/2016

CUNHA, P. V.; FONSECA, L. P. Sistema de sinalização acessível em Braille. **InfoDesign** v. 8. n°1. p. 64 – 73 São Paulo: 2011

FERREIRA, M. E. dos S. **Construção de matrizes táteis pelo processo de prototipagem rápida**. Dissertação IME. 145 p. Rio de Janeiro: 2011.

FERREIRA, M. E. & SILVA, L. F. C. F. da. Construção de matrizes táteis pelo processo de prototipagem rápida. **Revista Brasileira de Cartografia**. n.º 64/1: 45-55 Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto. 2012.

GROENENDYK, M. Emerging Data Visualization Technologies for Map and Geography Libraries: 3-D Printing, Holographic Imaging, 3-D City Models, and 3-D Model-based Animations. In: **Journal of Map & Geography Libraries: Advances in Geospatial Information, Collections & Archives**. Volume 9, Issue 3, p.3-23, 2013.

GUAL, J; PUYUELO, M; LLOVERAS, J. Analysis of Volumetric Tactile Symbols Produced with 3D Printing In: **ACHI 2012: The Fifth International Conference on Advances in Computer-Human Interactions**, p. 60-67. 2012

GUAL-ORTI, J., PUYUELO-CAZORLA, M. AND LLOVERAS-MACIA J.. Improving Tactile Map Usability through 3D Printing Techniques: An Experiment with New Tactile Symbols. In: **The Cartographic Journal** Vol. 52 No. 1 pp. 51–57. The British Cartographic Society. 2015.

LARA-PRIETO, V., BRAVO-QUIRINO, M. A, E., RIVERA-CAMPA, J. E. An Innovative Self-learning Approach to 3D Printing Using Multimedia and Augmented Reality on Mobile Devices. In: **International Conference on Virtual and Augmented Reality in Education**. Volume 75. P. 59-65. Elsevier. 2015.

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

NOGUEIRA, R. E.; VENTORINI, S. E. & FREITAS, M. I. C. de. Cartographic literacy for visually impaired people. **Revista Brasileira de Cartografia** N. 66/7 - International Issue: 1495-1503 Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia Fotogrametria e Sensoriamento Remoto. (2014)

NZ TRANSPORT AGENCY. **Pedestrian Planning and Design Guide**, Governo da

Nova Zelândia: NZ Transport Agency, 2008. Disponível em <http://www.nzta.govt.nz/resources/pedestrian-planning-guide/> / Acesso em 5/10/2015

SILVA, D. C.; CARNEIRO, G. T. Posicionamento de mapas de sinalização para pedestres e clientes de shopping centers **IV SIMGEO**. p. 178-186. Recife – PE: 2012.

THINUS-BLANK, C. e GAUNET, F. Representation of Space in Blind Persons: Vision as a Spatial Sense? In: **Psychological Bulletin, American Psychological Association** Vol. 121, nº. 1, 20-42, 1997

VOVZENÍLEK, V , M. KOZÁKOVÁ, Z. v ST'ÁVOVÁ, L. LUDÍKOVÁ, V.RUUVZIVCKOVÁ, and D. FINKOVÁ. 3D Printing Technology in Tactile Maps Compiling. In:**Proc. 24th International Cartographic Conference**. Vol. 24, nº 1, 176-186. Santiago: 2009.

WHO, World Health Organization. Visual Impairment and Blindness. **Fact Sheet N°282** August, 2014 Disponível em: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs282/en/> Acesso em 26/07/2016