

DOS SANTOS FERREIRA, MARIA ENGRACINDA; COUTINHO FERREIRA DA SILVA, LUIZ FELIPE
A APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA NA CONFECÇÃO DE MATRIZES
TÁTEIS

Boletim de Ciências Geodésicas, vol. 20, núm. 2, abril-junio, 2014, pp. 411-426

Universidade Federal do Paraná

Curitiba, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=393933925011>



Boletim de Ciências Geodésicas,
ISSN (Versão impressa): 1413-4853
bcg_editor@ufpr.br
Universidade Federal do Paraná
Brasil

A APLICAÇÃO DAS TECNOLOGIAS DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA NA CONFEÇÃO DE MATRIZES TÁTEIS

*The application of the rapid prototyping processes in production of tactile arrays
matrices*

MARIA ENGRACINDA DOS SANTOS FERREIRA
LUIZ FELIPE COUTINHO FERREIRA DA SILVA

Instituto Federal de Sergipe
Instituto Militar de Engenharia
maria.engracinda@ifs.edu.br; felipe@ime.eb.br

RESUMO

No Brasil, as matrizes necessárias para a reprodução de mapas táteis ainda são produzidas de modo artesanal e demorado. Este artigo apresenta uma proposta de confeccionar matrizes táteis a partir de diferentes tecnologias de prototipagem rápida e determinar a sua viabilidade na automação do processo de fabricação das matrizes táteis. Primeiro foi realizada uma revisão na literatura sobre o assunto para verificar, dentro dos processos de prototipagem existentes, quais podem ser utilizados na confecção de matrizes táteis, principalmente quanto a capacidade da matéria-prima em resistir à pressão e altas temperaturas durante o processo de produção dos mapas finais. Apesar destes requisitos operacionais constituírem uma desvantagem em termos de equipamento especializado, o principal ganho no emprego destes poderá ser obtido pela garantia de geração de matrizes idênticas e flexibilidade na escolha de padrões. Os primeiros protótipos foram produzidos em poliuretano, pó de gesso e Uriol, em dois processos: impressoras 3D e máquinas fresadoras. As matrizes foram feitas apenas com o uso da fresadora, com poliuretano e MDF como matéria-prima. Foram conduzidos testes de percepção tátil pelo revisor de *Braille* do Instituto Benjamin Constant, seguindo metodologia padrão adotada pela instituição em todos os materiais produzidos.

Palavras-chave: Cartografia Tátil; Mapa Tátil; Prototipagem Rápida; Pessoas com Deficiência Visual.

ABSTRACT

In Brazil, the matrices required for the reproduction of tactile maps still favor a craft production and time-consuming. This article presents one proposal to manufacture tactile arrays from different techniques and rapid prototyping technology and to determine the feasibility of rapid prototyping in the automation of the manufacture process of tactile arrays. First, a revision of the literature on the subject was done, within the existing prototyping processes which can be used for making tactile arrays, especially regarding the ability of the raw materials on resist pressure high temperatures, during the production of the final maps. Despite the fact that these operational requirements constitute a disadvantage in terms of specialized equipment, the main gain in employment of these can be got by ensuring a generation of identical matrices and flexibility in the choice of tactile patterns. The first prototypes were made of different materials (polyurethane, plaster dust and Uriol) using two processes: 3D printers and milling machine. The matrices were made only with the use of the milling machine, using polyurethane and MDF. Tactile perception test were done by the reviewer *Braille* Institute Benjamin Constant, observing the standard methodology adopted by the institution in all materials produced.

Keywords: Tactile Cartography; Tactile Maps; Rapid Prototyping; Visually Impaired People.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com dados da Organização das Nações Unidas - ONU -, estima-se que 15,3% da população mundial (cerca de 978 milhões de pessoas dos estimados 6,4 bilhões de habitantes em 2004) possuíam “deficiências graves ou moderadas” de qualquer natureza, enquanto 2,9% ou cerca de 185 milhões enfrentavam “deficiências graves” (BERNARDES, 2012). O último Censo IBGE, de 2010, apontou que no Brasil há 45,6 milhões de pessoas com deficiência, o que corresponde a 23,9% da população brasileira. Dessas, mais de 37 milhões possuem algum tipo de deficiência visual (IBGE, 2013).

Os estudantes com deficiência visual têm dificuldades em ter acesso a materiais educacionais que contemplem suas especificidades, uma vez que os materiais táteis produzidos no país são feitos artesanalmente, tornando sua produção demorada e sem garantias de repetibilidade. Aliado a isto, a responsabilidade de produzir, adaptar e distribuir diversos materiais táteis, utilizados nas atividades da vida diária e pedagógicas das pessoas cegas e com baixa visão, é restrito a fundações e instituições de apoio às pessoas portadoras de deficiência visual ligadas ao Ministério da Educação, como o Instituto Benjamin Constant, a Fundação Catarinense de Educação Especial, Fundação Dorina Nowil e a Lamarra.

Neste sentido, este trabalho tem como objetivo verificar a aplicabilidade das tecnologias de prototipagem rápida na produção das matrizes táteis, e com isso facilitar a inserção dos alunos com deficiência visual no ensino das ciências

escolares, ou simplesmente fornecer a eles subsídios para a sua independência. Para tanto, utilizaram-se na produção das matrizes táteis, dois processos de prototipagem rápida: adição de material (impressora 3D) e subtração de material (frezadora). Buscou-se uma interação contínua, através dos testes de percepção, durante todo o processo de confecção das matrizes, entre o produtor do mapa e o usuário, que nesta pesquisa, está sendo representado pelo revisor *Braille* do Instituto Benjamin Constant.

Este trabalho complementa resultados apresentados por Ferreira e Ferreira da Silva (2012).

2. PESSOAS COM DEFICIÊNCIA VISUAL

2.2. Aspectos Legais e Sociais

Grande parte das pessoas com deficiência visual vive como se esquecida pelos Poderes Públicos e fica a mercê de iniciativas de instituições não governamentais, que lhes garantam direitos básicos, como educação e saúde. Segundo o censo do IBGE de 2010, são 54,1 mil fundações privadas e associações sem fins lucrativos no Brasil dedicadas a implementar políticas governamentais (saúde, educação e assistência social). Neste segmento os grupos mais vulneráveis da população, que inclui crianças, idosos pobres, adolescente em conflito com a lei e portadores de necessidades especiais, são assistidos por 30,4 mil entidades.

Políticas públicas vêm sendo adotadas pelo Brasil nos últimos anos para garantir e ampliar a participação da sociedade brasileira nas decisões governamentais sobre as pessoas com deficiência. Dentre as ações, citadas por Bernardes (2012), no eixo educação-trabalho, destacam-se:

- (a) Oferecer 150 mil vagas de Bolsa Formação para pessoas com deficiência. Essa ação é desenvolvida por meio do Programa Nacional de Acesso ao Ensino Técnico e Emprego (PRONATEC), que oferece cursos técnicos e de formação inicial e continuada.
- (b) O Programa Escola Acessível disponibiliza recursos financeiros para a promoção de acessibilidade arquitetônica nos prédios escolares e compra de materiais de Tecnologia Assistiva nas escolas públicas.
- (c) Realização de campanhas de sensibilização e conscientização através da mídia e outras ferramentas de comunicação voltadas para os empregadores nos setores públicos, privado e terceiro setor, com o objetivo de incentivar a contratação de pessoas com deficiência.

Para proporcionar a inclusão social das pessoas com deficiência visual, no Brasil, foram adotadas leis que asseguram o cumprimento dos seus direitos. Entre elas, podemos citar:

- Lei Federal 4.169, de 4 de dezembro de 1962 - Oficializa as convenções *Braille* para uso da escrita e leitura dos cegos;
- Lei Federal 7.853, de 24 de outubro de 1989 – Dispõe sobre o apoio às pessoas portadoras de deficiência, sua integração social e sobre a

Coordenadoria Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência (CORDE). A CORDE ficou encarregada de elaborar planos, programas e projetos, voltados para implantação da Política Nacional para Integração das Pessoas Portadoras de Deficiência.

- Decreto nº 3.298, de 20 de dezembro de 1999 - Estabeleceu o Conselho Nacional dos Direitos da Pessoa Portadora de Deficiência (CONADE) como órgão superior de deliberação coletiva com a atribuição principal de garantir a implementação da Política Nacional de Integração da Pessoa Portadora de Deficiência.
- Decreto 3.691, de 19 de dezembro de 2000 - Dispõe sobre o transporte de pessoas portadoras de deficiência no sistema de transporte coletivo interestadual;

2.2. Aspectos Educacionais

Na área educacional, por exemplo, as leis têm como objetivo garantir que estabelecimentos de ensino, tanto públicos como privados, ofereçam matrículas para a educação especial bem como, as ferramentas necessárias para o melhor aprendizado dos portadores de deficiência, como máquina de datilografar *Braille*, impressora *Braille* acoplada a computador, *software* de ampliação de tela. Dessa forma garante aos estudantes com deficiência visual os mesmos benefícios oferecidos aos demais educandos (BRUMER, 2004).

A representação de informações espaciais se dá, prioritariamente, na forma gráfica e visual, seguindo o preconizado pela Gestalt e pela Semiologia Gráfica de Jacques Bertin. Como nem todas as informações podem ser traduzidas através da escrita, faz-se o uso de representações táteis em relevo e textura para auxiliar no aprendizado de pessoas portadoras de deficiência visual (ALMEIDA E LOCH, 2006). O ramo da Cartografia que se preocupa em solucionar problemas relacionados a este grupo de pessoas é chamado de Cartografia Tátil (VASCONCELLOS, 1993).

No Brasil, a produção de mapas táteis é restrita a fundações e instituições de apoio às pessoas portadoras de deficiência visual ligadas ao Ministério da Educação, como foi citado anteriormente. Complementamente, algumas universidades brasileiras iniciaram pesquisas na área da cartografia tátil. Uma das pioneiras foi Regina Vasconcellos, que na década de 90 implantou o Laboratório de Ensino e Material Didático (LEMADI), no Departamento de Geografia da Universidade de São Paulo USP.

O Instituto Militar de Engenharia (IME), através da Seção de Ensino em Engenharia Cartográfica, possui, desde 2004, uma parceria com o Departamento de Produção de Material Especializado do Instituto Benjamin Constant para desenvolvimento de pesquisas e produtos de Cartografia Tátil.

Não existem padrões ou normas para a elaboração de mapas táteis no Brasil. A definição destes padrões, além de ajudar a diminuir a dificuldade em gerar esse tipo de mapa, deve auxiliar na popularização deste instrumento de inclusão social e,

consequentemente, torná-los mais presentes no dia-a-dia de pessoas com deficiência visual (LOCH e ALMEIDA, 2006).

Os métodos de produção dos mapas táteis variam entre uma instituição e outra. No Instituto Benjamin Constant (IBC), por exemplo, a confecção se dá, no primeiro momento de forma artesanal. A primeira fase, confecção da matriz tátil, é realizada através de processos manuais, como recorte e colagem dos materiais que servirão de textura para representar determinadas feições. Posteriormente, são feitas cópias nas películas de plástico com a ajuda das máquinas *thermoforms* que possuem um sistema de moldagem a vácuo, onde a película é aquecida e adquire a forma da matriz.

Há necessidade de encontrar o melhor ou o mais adequado processo de produção de matérias táteis, que possa torná-los eficientes tanto para educação como para locomoção. Ainda, o método deve levar em consideração alguns fatores como, custo-benefício, estocagem da matriz tátil, tempo de uso e produtividade da matriz, ou seja, a quantidade de mapas táteis que esta matriz suporta produzir.

Na busca de novas metodologias que possam ser aplicadas na concepção de produtos táteis, a tecnologia de prototipagem rápida foi estudada neste trabalho. Consiste em uma tecnologia que permite a construção de modelos físicos (protótipos) a partir de modelos 3D desenhados em CAD.

3. PROTOTIPAGEM RÁPIDA

Alguns estudos dividem as tecnologias de prototipagem rápida em duas categorias principais: métodos com remoção de material e métodos de adição de material. O primeiro caso é um processo em que há subtração do material através da utilização de uma variedade de diferentes tipos de fresas, geralmente de um bloco de madeira ou espuma, que é gradualmente reduzido para gerar uma réplica física do modelo original projetado em CAD (*Computer Aided Design*). Destaque para as máquinas fresadoras (*milling device*). No segundo caso, o modelo físico é construído sequencialmente, por meio da deposição de materiais que são adicionados, uma camada sobre a outra, até formar uma cópia do seu original digital em CAD (MELLO et al, 2006).

Para a fabricação de um protótipo é seguida uma sequência composta por cinco etapas. A primeira compreende a modelagem 3D (tridimensional) da geometria em um *software* CAD. Na segunda etapa, os dados são convertidos para o formato de entrada do *software* que realiza a preparação para a fabricação. Em seguida o *software* de preparação emula o ambiente de construção da máquina de prototipagem rápida. O modelo 3D é verificado, posicionado e orientado. Na sequência, o modelo é fatiado em várias camadas bidimensionais no plano x-y. Posteriormente, as informações são transferidas para a máquina de prototipagem rápida e inicia-se a etapa de fabricação, onde as camadas são reproduzidas, até o objeto ser completamente construído.

4. METODOLOGIA

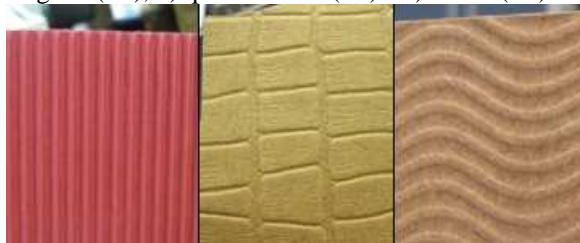
A parte experimental deste trabalho foi realizada no Laboratório de Modelos Tridimensionais (LAMOT) do Instituto Nacional de Tecnologia (INT) e no Departamento de Produção de Material Especializado (DPME) do Instituto Benjamin Constant (IBC), ambos localizados na cidade do Rio de Janeiro. Dentre os processos de prototipagem rápida existentes no INT, foi feito um estudo das características das matérias-primas utilizadas, para verificar quais destas máquinas poderiam ser utilizadas na confecção de matrizes táteis. Para tal, levou-se em consideração a capacidade da matéria-prima em resistir a altas temperaturas, uma vez que a partir das matrizes táteis serão reproduzidas cópias na máquina *thermoform*, e durante esse processo a temperatura atingida é em torno dos 70° C. Entre os processos disponíveis, a Modelagem por Deposição Fundida (FDM - *Fused Deposition Modeling*) e a estereolitografia (SLA, *Stereolithography*) foram descartados, uma vez que os protótipos resultantes destas duas tecnologias são sensíveis ao calor, e assim os produtos finais seriam danificados. Com isso, restaram dois tipos de processos que foram utilizados neste trabalho: impressão 3D colorida, na *Zcorp Spectrum Z510* (adição de material) e a fresadora, modelo Modeladora pro MDX-650 (subtração de material). Para a modelagem tridimensional dos protótipos, foi usada uma versão *free* do programa *Rhinoceros*.

No IBC, os protótipos confeccionados foram reproduzidos em películas de plásticos na máquina *thermoform* (modelo *E-Z Form*) e avaliados pelo revisor *Braille* do DPME.

4.1 Confeção dos Protótipos

Para a elaboração e confecção dos protótipos, inicialmente escolheu-se três texturas (Figura 1) para verificar a capacidade das máquinas de prototipagem rápida em reproduzi-las. Foram confeccionados protótipos que imitam as texturas mais usadas na confecção de produtos táteis empregando dois tipos de material: o poliuretano e o pó de gesso. Além destas peças, outro protótipo (emprestado pelo INT) confeccionado em uriol, pela fresadora foi também analisado pelo revisor *Braille*. Este último material consistiu apenas em uma sobra disponível para verificar a aplicabilidade na cartografia tátil.

Figura 1 - Texturas usadas na produção artesanal de materiais táteis: a) corrugado (T1), b) quadriláteros (T2) e c) ondas (T3).



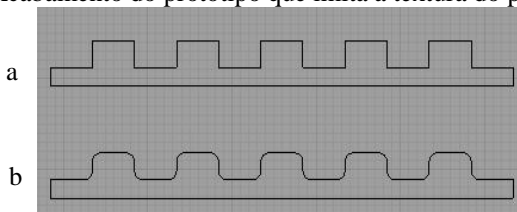
a

b

c

Para a confecção dos protótipos, foram estabelecidos parâmetros para verificar, através de testes de percepção, a capacidade do usuário em distinguir diferenças em relação a mesma textura, como altura, espaçamentos e larguras diferentes. Assim, foram definidos três modelos (Modelos 1, 2 e 3) para cada textura. Aqueles confeccionados a partir da textura T1 (papel corrugado) tiveram, além dos parâmetros (espaçamentos, largura e altura das texturas), diferenciação com relação ao acabamento das rugosidades que poderiam ser retilíneos (Figura 2a) ou arredondados (Figura 2b).

Figura 2 - Acabamento do protótipo que imita a textura do papel corrugado.



Na textura T2, os parâmetros adotados foram altura, espaçamentos entre os quadriláteros e tamanho dos mesmos. Para a textura T3 os parâmetros são altura, largura e o espaçamento. Os parâmetros adotados para cada textura e suas variações podem ser vistos nas Tabelas 1, 2 e 3.

Tabela 1 - Parâmetros da textura T1.

Textura	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Espaçamento (mm)	2	4	5
Altura (mm)	2	3	4
Largura (mm)	4	4	4

Tabela 2 - Parâmetros da textura T2.

Textura	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Espaçamento (mm)	2	4	6
Altura (mm)	2	4	6
Retângulo (mm)	10x15	15x20	20x25

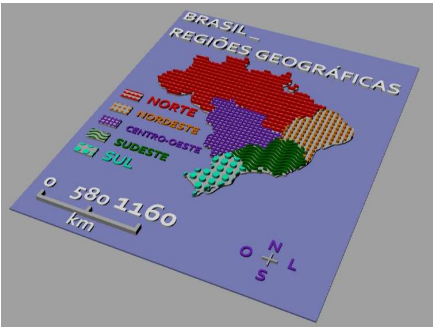
Tabela 3 - Parâmetros da textura T3.

Textura	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Espaçamento (mm)	3	5	7
Altura (mm)	2	4	6
Largura (mm)	2	4	6

Os protótipos que tiveram como inspiração as texturas T1 e T2 foram feitos na fresadora CNC Modela pro MDX-650. Aqueles que tiveram como base a textura T3, apenas o modelo 1, foi feito na impressora 3D *Zcorp Spectrum Z510*, os demais na fresadora. Posteriormente foi feita a reprodução das cópias dos protótipos em películas de PVC (cloreto de polivinila), com o auxílio das máquinas *thermoforms* disponíveis no DPME.

Para a confecção da primeira matriz tátil (Figura 3) através do processo de prototipagem rápida, escolheu-se como base cartográfica o mapa das regiões geográficas do Brasil. A base cartográfica foi fornecida pelo DPME no formato *dwg*. O programa escolhido para fazer a modelagem tridimensional dos protótipos deste trabalho, *Rhinoceros*, opera com o *Corel Draw*, formato para qual a base cartográfica foi exportado. Com isso, os dados foram exportados para o programa *Rhinoceros* e realizou-se a modelagem do mapa.

Figura 3 - Mapa do Brasil em 3D.



Nesta matriz tátil fez-se necessária a modelagem de cinco texturas diferentes para representar cada região. Duas texturas da fase anterior, T1 (corrugado) para a região norte e T3 (ondas) adotada na região sudeste. Foram utilizadas três novas texturas, T4 (quadriculado com bordas arredondadas) para a região nordeste, T5 (círculos) para a região Sul e T6 (quadriculados) adotado na região centro-oeste. A Tabela 4 apresenta os parâmetros usados nas cinco texturas. A Tabela 4 apresenta os parâmetros usados nas cinco texturas.

Tabela 4 - Parâmetros das texturas da matriz tátil.

Texturas	Regiões	Espaçamento (mm)	Altura (mm)	Largura (mm)
T1	Norte	5	3	4
T3	Sudeste	5	3	2
T4	Nordeste	5	3	4
T5	Sul	5	3	Raio = 5
T6	Centro-Oeste	5	3	

Na legenda só houve mudança com relação aos parâmetros usados para representar as regiões do Brasil. A altura para todas as texturas foi de 1 mm, para ter um novo parâmetro a ser analisado e verificar qual a altura que melhor se adequa aos produtos táteis.

Optou-se em colocar as informações textuais do mapa em caracteres, ou seja, em relevo. Com isso, estabeleceu-se 4 mm para a altura dos dados contidos na legenda e 5 mm para o título do mapa, a escala e a rosa-dos-ventos.

De acordo com o DPME, os equipamentos *thermoforms* disponíveis no departamento, possuem limitações técnicas em relação a altura dos protótipos para serem reproduzidos nas películas de plásticos. Estes protótipos não podem ultrapassar 10 mm, ou seja, a matriz tátil não deve ter a altura superior a 10 mm. Com isso, foi adotada para a base da matriz a altura de 3 mm que somados ao 5 mm das informações dos título do mapa, escala e rosa-dos-ventos (maior altura da matriz tátil), totaliza 8 mm de altura.

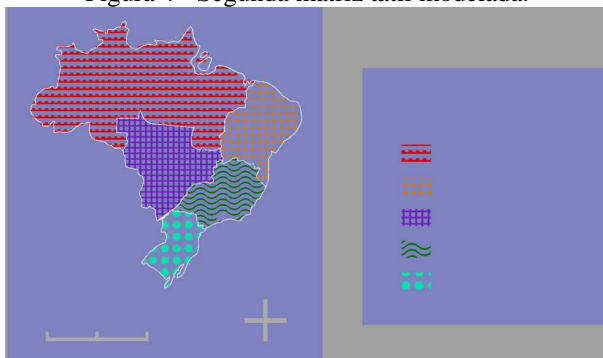
Durante a simulação da impressão do mapa tátil, percebeu-se que uma base de 3 mm não seria suficiente para o tipo de material escolhido, poliuretano, pois o mapa poderia quebrar ao ser retirado da fresa. Isso se dá pelo fato de que para a confecção de um protótipo, um bloco da matéria-prima é colocado sobre a mesa da fresadora e para melhor fixá-la, este é colado com fita dupla-face, para evitar que o poliuretano se mova na mesa durante a fresagem da matriz tátil. Com isso, a altura da base da matriz tátil foi alterada para 11 mm, não sendo possível confeccionar os mapas táteis usando o processo de *thermoformagem*.

Outras alterações foram realizadas para a impressão deste trabalho: os caracteres tiveram de ser ampliados porque a menor fresa disponível no INT, 3 mm, não conseguiria esculpir as letras. Assim, ao alterar essas informações, a matriz tátil que antes tinha dimensões de 35 x 47 cm ficou com 47 x 50 cm. Feitas as modificações, iniciou-se o processo de impressão da matriz tátil na fresadora.

Posteriormente, a matriz tátil foi avaliada pelo revisor *Braille* do DPME, onde suas sugestões deram origem ao segundo mapa. A segunda matriz tátil tem a mesma base cartográfica da primeira, com as mesmas texturas, e manteve os mesmos valores para os parâmetros do espaçamento e largura. Somente o parâmetro da altura das texturas sofreu modificações, e ficou com 1 mm. O revisor *Braille* sugeriu também que nesta segunda matriz a legenda fosse separada do mapa e todas as informações escritas em *Braille* (figura 4). Da mesma maneira que a primeira matriz, esta foi modelada no programa *Rhinoceros*.

Diferente da primeira matriz tátil (Figura 3), nesta foi usado como matéria-prima uma placa de MDF (*Medium Density Fiberboard* - Fibra de Média Densidade) cortada na espessura e no tamanho para a sua confecção. Levou-se a matriz tátil confeccionada ao DPME para serem feitos testes de percepção tátil com o revisor *Braille* tanto no protótipo, ou seja, na matriz tátil, como nos mapas táteis.

Figura 4 - Segunda matriz tátil modelada.



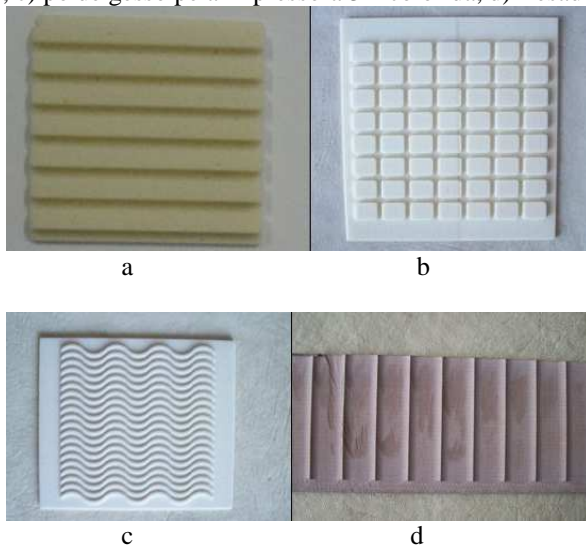
4.2 Aplicação dos Testes

Os testes de percepção Tátil, capacidade de perceber através da pele as características de um objeto, foram realizados com a cooperação do revisor *Braille* do DPME do Instituto Benjamin Constant, Jean Bernardo da Silva Vieira. Neste trabalho, sua função foi verificar após a impressão do material em relevo a consistência dos pontos *Braille* e se houve erros de ortografia. Outra função foi apontar problemas nas texturas quando estas prejudicaram a compreensão da mensagem do trabalho, e fazer, se necessário, sugestões de novas texturas. Para garantir a transmissão da informação, o revisor e o transcritor especializado (pessoa que confecciona os produtos táteis) mantém uma interação para, dessa forma possibilitar que outras pessoas com deficiência visual também tenham condições de interpretar as informações contidas. Vale ressaltar que o revisor *Braille* tem a função de avaliar todos os produtos táteis confeccionados no DPME e posteriormente distribuídos no Brasil. Assim, esta pesquisa realizou testes de percepção tátil apenas com o revisor *Braille*.

5. RESULTADOS OBTIDOS

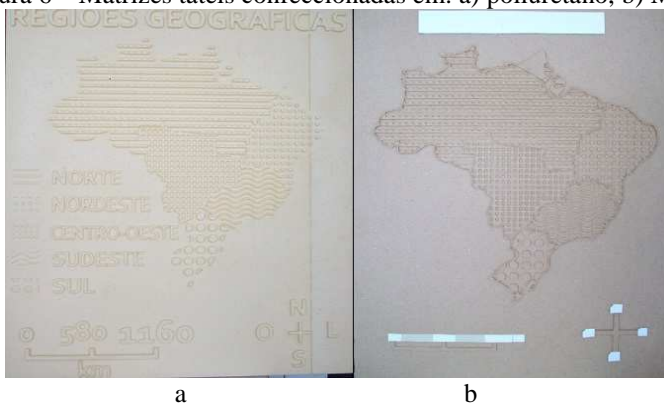
A análise do revisor *Braille* nos protótipos como nas películas de plástico, levou em consideração o material em que foram confeccionados e as variações dos parâmetros: altura, espaçamento e largura. A Figura 5 apresenta as quatro texturas levadas ao IBC para serem feitos testes de percepção tátil. Os protótipos das figuras 5a e 5b foram confeccionados em poliuretano. Aqueles apresentados pelas figuras 5c e 5d foram respectivamente confeccionados em pó de gesso e uriol.

Figura 5 – Protótipos confeccionados em diversos materiais: a) e b) fresados em poliuretano, c) pó de gesso pela impressora 3D colorida, d) fresado em uriol.



As matrizes táteis usaram como matéria-prima o poliuretano e placa de MDF.

Figura 6 – Matrizes táteis confeccionadas em: a) poliuretano, b) MDF.



5.1 Análise dos Resultados

5.1.1 Protótipos das texturas usadas na confecção de produtos táteis

A primeira opinião relatada pelo revisor *Braille* é com relação à superfície das três matérias-primas usadas para confeccionar os protótipos, poliuretano, pó de

gesso e uriol. Segundo o revisor *Braille*, cada novo material usado tem-se uma nova textura. Então, com relação a esses materiais notou-se que o poliuretano é mais áspero quando comparado ao pó de gesso e ao uriol. E o último, uriol, o que apresenta a superfície mais lisa dentre as três matérias-primas. Uma observação feita com relação ao poliuretano é que segundo o revisor, esse material solta bastante resíduos, o que durante a confecção das cópias pode atrapalhar a transmissão da informação.

Através dos testes de percepção tátil, percebeu-se facilmente a diferença entre as três texturas produzidas pelos protótipos, corrugada, quadriláteros e ondas. A textura que imita o papel corrugado, tanto o acabamento arredondado como o retilíneo foi percebido pelo revisor. A análise das cópias nas películas de PVC mostrou-se eficiente com relação à transmissão da informação. Ou seja, nos testes, o revisor *Braille*, associou a cada película, o protótipo que a originou e ficou perceptível, tanto nas cópias em películas de plástico quanto nos protótipos, as diferentes variáveis usadas para cada textura.

Os resultados obtidos na elaboração dos protótipos indicaram a grande versatilidade para a composição de texturas regulares e geométricas, seja na utilização do programa *Rhinoceros* como na confecção dos protótipos.

5.1.2 Protótipos das matrizes táteis

A primeira matriz tátil foi confeccionada com dimensões 47 x 50 cm, superior as dimensões dos mapas produzidos pelo DPME. Durante os testes de percepção tátil na matriz tátil, o revisor *Braille*, considerou o tamanho final da matriz mais adequado quando comparado com aquelas reproduzidas pelo IBC, com dimensões de 35 x 47 cm ou 38 x 56 cm, uma vez que pode-se ter um número maior de informações sem comprometer o mapa, ou ainda, os símbolos usados para a identificação das informações podem ser maiores e facilitar a sua interpretação. Apesar de ser importante uma avaliação mais ampla, com distintos usuários, com origens e tempos de deficiência diferenciadas, entre outros aspectos, foram adotadas as sugestões apenas do revisor, pois devido as dificuldades em se montar grupos com características controladas de experimentação, este modo de proceder é o oficialmente adotado no IBC para a produção de seus materiais didáticos.

Não foi possível a reprodução de cópias a partir da primeira matriz tátil em poliuretano, ilustrada na Figura 3. A experiência de profissionais na área de termoformagem mostrou que a matriz tátil, quando reproduzida, sofreria alguns danos. O primeiro, seria com relação ao plástico escolhido, PVC, pois durante o processo a película de plástico não iria suportar e rasgaria devido à altura da matriz tátil ser superior a 3 mm. Outro problema é com relação a matéria-prima utilizada para a confecção da primeira matriz. Por ser frágil, o poliuretano poderia quebrar durante a termoformagem (MARTIN, 2010).

Um fator que deve ser destacado é o acabamento que a matriz tátil em poliuretano sofreu após sua confecção. Para evitar danos nas texturas, a mesma passou por um banho de resina para o material se tornar mais resistente.

Assim, os resultados obtidos e descritos a seguir dizem respeito somente ao protótipo da matriz tátil produzido com poliuretano. No que diz respeito às texturas usadas, o revisor não teve dificuldades em associar as texturas às suas respectivas regiões, identificadas na legenda.

Durante a leitura da escala, houve dificuldade por causa da fonte escolhida para os números. A leitura da legenda, que esta escrita no alfabeto convencional, não apresentou dificuldade, mas o revisor deixa claro que isto é uma particularidade sua, uma vez que ele se preocupa em usar outros recursos para ler que não apenas no tradicional alfabeto *Braille*. Com isso, sua sugestão é que a legenda e todas as informações expressas de forma textuais (explicações da legenda, valores numéricos na representação da escala e designação das orientações) estejam em *Braille* para que todas as pessoas com deficiência visual possam interpretar as informações contidas no mapa sem nenhum problema.

Quando a altura das texturas na legenda e no mapa foi comparada, o revisor optou pela altura da legenda, 1 mm, pois possibilita uma melhor identificação dos símbolos usados para cada textura. Outra sugestão foi o contorno das regiões que não existem nessa matriz. O revisor deixa claro que os formatos das informações são importantes para assimilar à outras informações. A ausência do contorno das regiões provoca dificuldade em lembrar as regiões, uma vez que o revisor tem em mente os seus formatos e isso facilitaria o entendimento do mapa. Outra modificação sugerida foi a separação do mapa e da legenda para aumentar a área útil.

Feita a avaliação e a revisão do protótipo da matriz tátil, foi elaborada uma segunda matriz tátil, em MDF, de acordo com as sugestões do revisor *Braille*.

Durante a revisão, não houve nenhum problema com relação ao protótipo da matriz tátil, nem tampouco com relação a textura produzida pelo MDF. Ao contrário, dentre as texturas verificadas, foi a que melhor se adequou a confecção de matrizes táteis. Os seus produtos foram avaliados pelo revisor *Braille* que chegou a conclusão que não houve nenhuma perda da informação na película de PVC. As modificações realizadas possibilitaram uma matriz tátil eficiente.

Na confecção da segunda matriz tátil, a legenda e o mapa ficaram em folhas separadas, para poder aumentar a área útil do mapa. Mas por problemas técnicos não foi possível imprimir a legenda. A ausência não atrapalhou a leitura do mapa feita pelo revisor *Braille*, pois como as texturas para representar as regiões geográficas do Brasil permaneceram as mesmas da primeira matriz tátil, o revisor *Braille* não encontrou dificuldade em identificar cada região.

Observou-se também que os contornos das regiões dão noção de forma aos usuários, aspecto importante na obtenção da informação. O revisor *Braille* salientou a inclusão dos contornos sempre que preciso, assim os usuários podem automaticamente associar à forma da figura com o nome da região.

Figura 7 – Testes de percepção realizados na matriz tátil e na cópia de plástico.



Com relação ao material da segunda matriz tátil, o MDF, não houve nenhuma dificuldade em interpretar as informações do mesmo. Este não solta resíduos e não machuca os dedos dos usuários. Outro importante ponto a destacar é a escolha do MDF quando comparado ao poliuretano, que de acordo com os testes de percepção, transcreve para a película de plástico as informações sem nenhuma perda. O poliuretano solta resíduos e pode atrapalhar a transmissão da informação. Aliado a escolha do MDF pelo revisor *Braille*, ainda o custo do mesmo é baixo, quando comparado ao poliuretano, fator importante na confecção de produtos táteis.

6. CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

Na busca de introduzir a prototipagem rápida na confecção de matrizes táteis, este trabalho verificou-se a viabilidade do uso dessa tecnologia na confecção de produtos cartográficos táteis, desde que restrita a determinados equipamentos e materiais.

Em relação à confecção de protótipos das texturas mais usadas na produção artesanal de matrizes táteis, constatou-se que o limite para variação das texturas dependerá de três fatores: criatividade do produtor do mapa, limitações técnicas dos equipamentos de prototipagem rápida e a capacidade dos usuários em decifrá-las através dos testes de percepção tátil.

As primeiras texturas (corrugado, quadriláteros e ondas) foram avaliadas pelo revisor *Braille* e os protótipos foram distinguidos e relacionados aos materiais que os originaram. No que diz respeito às características das matérias-primas usadas na confecção dos protótipos, não houve perda de informação quando foram feitas as cópias em películas de plásticos. O protótipo feito em uriol foi o que mais agradou ao toque do revisor, seguidos pelo pó de gesso e pelo poliuretano, por não soltar resíduos como os demais.

Em relação à matriz tátil em poliuretano, os testes de percepção, mostraram algumas mudanças a serem realizadas. Percebeu-se com esta primeira matriz que a

altura é fator relevante e não deve ultrapassar 2 mm. Em relação às texturas para representar as regiões geográficas a altura ideal é 1 mm e o contorno do mapa, a melhor altura é 2 mm.

Referente a matriz tátil em MDF, os teste mostram que a mesma transmitiu a informação desejada. A legenda estar separada do mapa, não atrapalhou a sua leitura. Segundo a opinião do revisor durante os testes, o MDF mostrou-se o material, dentre os usados neste trabalho, o mais eficiente, uma vez que não solta resíduos, é de fácil acesso e baixo custo.

Portanto, no que diz respeito ao uso da prototipagem rápida na confecção de matrizes táteis, o que se pode concluir é que a fresadora é a mais indicada, já que é o aparelho que utiliza o MDF em sua produção e o de menor custo.

Embora REGIS e NOGUEIRA (2014) aconselhem sobre as dimensões ótimas para a matriz tátil, não ultrapassar o tamanho das duas mãos. E ainda, Andrade e Santil tenham comprovado através de experiências táteis este fato, no IBC empregam-se matrizes com 35 x 47 cm e 38 x 56 cm. Considerando as necessidades e limitações inerentes aos processos de generalização cartográfica e a disponibilidade de maquinário capaz de reproduzir diferentes tamanhos de matrizes fica registrada mais uma sugestão para trabalhos futuros.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE, L.; SANTIL, F. L. de P. Gráfico tátil: A possível forma de informação e inclusão do deficiente visual. *Educação*, Rio Claro, v. 21, p. 155-168, 2011. Disponível em: <<http://educa.fcc.org.br/pdf/eduteo/v21n37/v21n37a09.pdf>>. Acesso em: fev. 2014.
- BERNARDES, L.C.G. *Avanço das políticas públicas para as pessoas com deficiência: uma análise a partir das conferências nacionais*. 1 ed. Brasília: Secretária de Direitos Humanos, 2012.
- BRUMER, A. et al. Saindo da “escuridão”: perspectivas da inclusão social, econômica, cultural e política dos portadores de deficiência visual em Porto Alegre. *Sociologias*, Porto Alegre, n. 11, p. 300-327, 2004. <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/19821/000430315.pdf?sequence=1>>. Acesso em: out. 2010.
- Censo de 2010*. Disponível em: <www.ibge.gov.br>. Acesso em: out. 2013.
- FERREIRA, M.E.; FERREIRA DA SILVA, L.F.C. Construção de matrizes táteis pelo processo de prototipagem rápida. *Revista Brasileira de Cartografia*, Rio de Janeiro, n. 64/1, p. 45-55. 2012.
- LOCH, R. E. N.; ALMEIDA, de L. C. Uma cartografia muito especial a serviço da inclusão social. In: Congresso Brasileiro de Cartografia, 2, 2006, Florianópolis. *Anais...* Florianópolis. 2006
- REGIS, T. C.; NOGUEIRA, R. E. Contribuição para o ensino-aprendizagem de geografia: a padronização de mapas táteis. In: Encontro de Geógrafos da América Latina: 'Reencuentro de Saberes Territoriales Latinoamericanos', 14,

- 2013, Lima. *Anais...* Lima. 2013. Disponível em: < www.labtate.ufsc.br>. Acesso em: fev. 2014.
- MARTIN, E. *Empresa Marplastin*. Comunicação pessoal em outubro de 2010.
- MELLO, C. H. P. et al. Comparação de três diferentes tecnologias de prototipagem rápida em relação a critérios de custo e tempo. In: ENEGEP, 26, 2006, Fortaleza. *Anais...* Fortaleza, 2006. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR490328_7839.pdf>. Acesso em: jun. 2009.
- VASCONCELLOS, R. A. A. *A cartografia tátil e o deficiente visual: uma avaliação das etapas de produção e uso dos mapas*. 1993. Tese (Doutorado em Geografia Física) – Departamento de geografia, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.
- (Recebido em julho de 2013. Aceito em fevereiro de 2014).