

Revista Brasileira de Cartografia (2012) N° 64/1: 45-55
Sociedade Brasileira de Cartografia, Geodésia, Fotogrametria e Sensoriamento Remoto
ISSN: 1808-0936

CONSTRUÇÃO DE MATRIZES TÁTEIS PELO PROCESSO DE PROTOTIPAGEM RÁPIDA

Construction of Tactile Matrix by Rapid Prototyping Process

**Maria Engracinda dos Santos Ferreira &
Luiz Felipe Coutinho Ferreira da Silva**

Instituto Militar de Engenharia – IME

Seção de Engenharia Cartográfica – SE6

Praça General Tibúrcio 80, Praia Vermelha - Rio de Janeiro - RJ - CEP 22290-270

maria_ufrj@yahoo.com.br

felipe@ime.eb.br

Recebido em 18 Maio, 2009/ Aceito em 19 Fevereiro, 2010

Received on May 18, 2009/ accepted on February 19, 2010

RESUMO

Mapas táteis são empregados tanto para a educação como para locomoção dos deficientes visuais. No Brasil, as matrizes necessárias à reprodução dos mesmos ainda privilegia uma produção artesanal e demorada, sem garantias de repetibilidade. Assim, este trabalho busca verificar a adequação e a viabilidade do emprego das técnicas e tecnologias de prototipagem rápida na automatização do processo de confecção de matrizes para matrizes táteis. Serão apresentadas condições de contorno do problema, tais como: resistência das matrizes à temperatura e pressão no processo de reprodução dos mapas, alturas e espessuras mínimas factíveis de reprodução e qualidade final dos mapas produzidos. Serão relatados os processos de confecção utilizados e alguns resultados parciais obtidos com a prototipagem rápida aplicada à Cartografia Tátil. Além disso, o presente trabalho analisa os produtos táteis obtidos a partir da prototipagem rápida, suas vantagens e desvantagens, tendo em vista o teste de percepção tátil realizado com o revisor braille.

Palavras chave: Cartografia Tátil, Matrizes Táteis, Deficientes Visuais, Processos de Prototipagem Rápida.

ABSTRACT

Tactile maps are used both for education and for locomotion. In Brazil, the matrices necessary for the reproduction of tactile maps still favors an artisan and time consuming production, without guarantee repeatability. So, this paper searches to check the feasibility of use of the techniques and rapid prototyping technologies in automating the process of making tactile arrays. Will be presented boundary conditions of the problem such as: resistance of the matrix temperature and pressure in the process of reproduction of maps, heights and minimum thickness possible of reproduction and the final quality maps produced. Will be report here the processes used and results with the rapid prototyping applied to tactile cartography. Besides, analyze the tactile products obtained by rapid prototyping and its advantages and disadvantages, in view of the continuous interaction with the user.

Keywords: Tactile Cartography, Tactil Matrix, Visually Impaired People, Rapid Prototyping.

1. INTRODUÇÃO

O censo do IBGE, de 2000, aponta que cerca de 16,5 milhões de brasileiros, ou seja, 9,15% da população do Brasil, possuem algum tipo de deficiência visual. Foram considerados deficientes visuais pelo último censo, os indivíduos incapazes ou com alguma ou grande dificuldade permanente de enxergar (IBGE, 2000).

Essa parcela da população possui dificuldades em ter acesso a materiais educacionais que contemplem suas especificidades, uma vez que os materiais táteis produzidos no país são feitos artesanalmente o que torna sua produção demorada. 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 de baixa visão, é restrito a fundações e instituições de apoio às pessoas portadoras de deficiência visual ligada ao Ministério da Educação, como o Instituto Benjamin Constant, a Fundação Catarinense de Educação Especial, Fundação Dorina Nowil e a Lamarra, ou em nível municipal (Rio de Janeiro), o Instituto Helena Antipoff que lida com educação de indivíduos com necessidades especiais, de forma ampla.

Neste sentido, buscam-se novos métodos de produção dos materiais táteis que possam ser usados por estas instituições, com o objetivo de inserir o deficiente visual no ensino das ciências escolares, como a geografia, ou simplesmente fornecendo a eles subsídio para sua independência. Sendo assim, o objetivo deste trabalho é o de relatar experimentos conduzidos na geração de matrizes para confecção de mapas táteis por meio das técnicas de prototipagem rápida.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Grande parte dos deficientes visuais vive como se esquecidos pelos Poderes Públicos ficando a mercê de iniciativas de instituições não governamentais, que lhes garantam direitos básicos, como educação e saúde (SILVA, 2008). Em países subdesenvolvidos a deficiência está vinculada à pobreza, à falta de oportunidades para aqueles que apresentam deficiência, vivendo em desigualdade social, contradizendo o Artigo VII da Declaração Universal dos Direitos Humanos de dezembro de 1948:

“Todos são iguais perante a lei e têm direito, sem qualquer distinção, a igual proteção da lei. Todos

têm direito a igual proteção sem qualquer discriminação que viole a presente Declaração e contra qualquer incitamento a tal discriminação” (ONU, 2010).

Até a década de 70, segundo Almeida (2001), os deficientes viviam marginalizados na história, ficando a margem das decisões políticas e administrativas que diziam respeito ao seu próprio desenvolvimento. Nos dias atuais, é possível perceber que parte dessa população tem consciência da importância dos seus direitos e luta por eles, e sabe da responsabilidade, por parte do Estado, em garantir os seus direitos. Com isso o número de iniciativas, tanto privadas como públicas, aumentaram com o objetivo de proporcionar uma melhoria na qualidade de vida das pessoas portadoras de deficiência.

Os responsáveis pela marginalização dos deficientes visuais são os conceitos equivocados que estas pessoas sofrem. Em localidades do nosso país, é possível encontrar pessoas com deficiência vivendo na pobreza e mergulhadas no analfabetismo, sem que os governantes tomem atitudes para melhorar este quadro (SILVA, 2008). Tal discriminação não condiz com a convenção da Guatemala, 1999, ratificada no Brasil pelo decreto número 3.956 em 1991, que afirmou:

“As pessoas portadoras de deficiência têm os mesmos direitos humanos e liberdades fundamentais que outras pessoas e que estes direitos, inclusive o direito de não serem submetidas a discriminação com base na deficiência, emanam da dignidade e da igualdade que são inerentes a todo ser humano.”

Buscando a inclusão das pessoas com deficiência, o Brasil vem adotando leis que assegurem o cumprimento dos direitos desta parcela da população. Na área educacional, por exemplo, para garantir a educação das pessoas portadoras de deficiência visual, as leis têm como objetivo garantir que estabelecimentos de ensino, tanto públicos como privados, ofertem matrículas, oferecendo educação especial, tratando os deficientes visuais com os mesmos benefícios oferecidos aos demais educandos, bem como os materiais específicos necessários ao seu aprendizado, como máquina de datilografar braille, impressora braille acoplada a computador, software de ampliação de tela, ou seja, as ferramentas necessárias para o melhor aprendizado dos portadores de deficiência visual (BRUMER, 2004).

A Lei nº. 9.394, adotada no Brasil desde 1996, afirma que pessoas com deficiência têm assegurados métodos, técnicas e recursos educativos para atender às suas necessidades. Seguindo este caminho, a tecnologia vem sendo usada como ferramenta na educação dos deficientes visuais, possibilitando um avanço no que diz respeito à inclusão social e digital, dentre elas: *Jaws* que oferece tecnologia de voz sintetizada em ambiente *Windows* para acessar *softwares*, aplicativos e recursos de internet (FREEDOM SCIENTIFIC, 2010); *Virtual vision*, um sistema que se comunica com o usuário através da síntese de voz (MICRO POWER, 2010); *Virtual magnifying glass*, lupa virtual que permite a ampliação da tela do computador, conforme a localização do cursor (PYY et al, 2010); Braille falado, os dados em braille são armazenados eletronicamente e permite escrever, revisá-los e editá-los (AMORIM, 2010); Livros digitais no formato Daisy (*Digital Accessible Information System*), que são livros falados no formato MP3, em padrão internacional possibilitando o intercâmbio dos livros com garantias de compatibilidade. Permitem aos deficientes visuais tarefas simples como anotações, busca por palavra, navegação em índices, capítulos e números de páginas (FUNDAÇÃO DORINA NOWILL, 2010).

O ramo da Cartografia com proposta para solucionar problemas relacionados a este grupo de pessoas é chamado de Cartografia Tátil. Os produtos oriundos da Cartografia Tátil, como os mapas, gráficos e desenho em relevo, possibilitam a integração dos deficientes visuais tanto na escola, como no trabalho e na sua vida cotidiana, já que são os únicos recursos que os deficientes visuais possuem para perceber o mundo real (VASCONCELLOS, 1993).

Os mapas táteis, que são representações gráficas em textura e relevo, servem para educação e localização de lugares e fenômenos geográficos, possibilita, portanto, a educação, orientação e mobilidade dos deficientes visuais (LOCH, 2008).

Segundo Vasconcellos (1993) os mapas táteis são considerados mais necessários para os seus usuários do que os mapas feitos para os videntes. Com os mapas táteis, os deficientes visuais podem gerar imagens mentais, tendo assim uma noção de espaço representado. Aliado a isso, as pessoas com deficiência visual poderiam se locomover apenas

com o mapa, sem a necessidade de ajuda de terceiros, tendo uma maior liberdade de melhor deslocamento.

Durante a construção dos mapas táteis deve-se levar em consideração os seus usuários e ter especial atenção nas formas táteis elaboradas sem que ocorram falsas interpretações. Para que haja o correto entendimento por parte do deficiente visual, aconselha-se uma interação contínua do produtor do mapa com seus usuários, pois são estes que poderão reconhecer se o mapa está sendo eficiente para transmitir, ou não, a informação (LOCH e ALMEIDA, 2007).

Além disto, a concepção de um mapa tátil eficiente é resultado de um trabalho artesanal demorado, seguido de inúmeros testes de leitura tátil. A elaboração de um produto que represente com eficiência um espaço geográfico requer, além do conhecimento de Cartografia e Geografia, paciência, perseverança e dedicação, uma vez que o mapa deve apresentar uma proporção de símbolos, texturas e elementos que transmitam a mensagem proposta pelo mapeador com clareza. Deve-se evitar o excesso ou a falta de dados para facilitar a obtenção de informações. Dados em excesso ou escassos (o problema da Generalização Cartográfica) podem dificultar o entendimento do produto final e por este motivo deve-se ter uma contínua interação entre o produtor e o usuário (LOCH e ALMEIDA, 2007).

A adaptação das informações para as representações táteis necessita uma maior simplificação ou generalização do que aquelas feitas na Cartografia para videntes. A quantidade de informações disposta nos mapas deve ser compatível com a capacidade do sentido do tato em obter e reter essas informações (VASCONCELLOS, 1993).

Com relação à padronização na Cartografia Tátil mundial, as maiores dificuldades encontram-se nas matérias-primas disponibilizadas para a confecção dos produtos táteis, uma vez que estas variam de acordo com o país. Fatores socioeconômicos e desenvolvimento tecnológico, também contribuem para a falta de padronização na Cartografia Tátil mundial. Uma solução encontrada para esta questão foi a normatização e a criação de padrões por país, ou seja, cada um é responsável por criar seus próprios padrões e normas para a Cartografia Tátil, tendo como base

os fatores citados acima juntamente com o preparo que os deficientes visuais de cada país possui (OKA, 2001).

Não existem padrões ou normas para a elaboração de mapas táteis no Brasil. Considerando que são muito diferentes dos mapas em tinta e que são construídos de maneira distinta, os mapas táteis também precisam ter padrões cartográficos. Como nos mapas em tinta a elaboração de mapas táteis e a criação de padrões cartográficos táteis também exigem conhecimentos específicos de Cartografia, além da necessidade da interação do produtor do mapa com os seus usuários, ou seja, do cartógrafo com o deficiente visual. A definição de padrões para a criação de mapas táteis, além de ajudar a diminuir a dificuldade em gerar esse tipo de mapa no Brasil, deve auxiliar na popularização deste instrumento de inclusão social e, conseqüentemente, torná-los mais presentes no dia-a-dia de pessoas com deficiência visual (LOCH e ALMEIDA, 2006).

Apesar dos esforços das instituições e fundações, no que diz respeito à produção dos mapas táteis, não se tem conseguido atingir um padrão cartográfico eficiente ou suficiente para o ensino e, além disto, não conseguem atender a demanda existente. Acredita-se que uma das causas é a ausência de pessoas especializadas em Cartografia ou Geografia envolvidas na produção dos materiais táteis e a forma totalmente artesanal deste processo (LOCH e ALMEIDA, 2006). Entre as iniciativas de reverter este quadro cita-se Adelino (2006) que tenta correlacionar as variáveis visuais de Bertin com variáveis táteis de modo a facilitar eventuais “traduções” de documentos cartográficos.

Os métodos de produção dos mapas táteis variam entre uma instituição e outra. No Instituto Benjamin Constant, por exemplo, a confecção do mapa tátil 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 de diversos materiais que servirão de texturas para representar determinadas feições. Dependendo da experiência do produtor do mapa, estas texturas serão recortadas de maneiras diferentes ou serão utilizados materiais distintos para a representação de uma mesma feição em mapas diferentes. Em outras palavras, por serem feitas artesanalmente, estas texturas nunca serão iguais, o que ocasionará falhas na representação de áreas com as mesmas informações. Após a confecção da matriz, esta é reproduzida em películas de PVC

(cloreto de polivinila), resultando nos mapas táteis. Esta fase é executada com o auxílio da máquina *termoform*, que é um sistema de moldagem à vácuo e calor no qual a película de PVC toma a forma da matriz dando origem ao mapa tátil, como pode ser visto na Figura 1. A Figura 1 (a) mostra um mapa tátil confeccionado no Instituto Benjamin Constant. A Figura 1 (b) ilustra a revisão tátil realizada no matriz tátil. A Figura 1 (c) ilustra a reprodução dos mapas táteis em películas de plástico. E a Figura 1(d) mostra a revisão tátil realizado nos mapas táteis.

Os problemas descritos mostram que é preciso, além de haver uma padronização na Cartografia Tátil, encontrar o melhor ou mais adequado processo de produção dos mapas táteis, levando em consideração fatores como: custo-benefício, estocagem da matriz tátil, tempo de uso e produtividade da matriz (quantidade de mapas táteis que esta matriz suporta produzir).

Segundo Oka (2001) para o progresso da produção de materiais de cartografia tátil deve-se levar em consideração algumas ações futuras como: buscar novos métodos de produção; buscar mais incentivos para a produção, reprodução e distribuição; capacitar profissionais para a produção de mapas táteis; oferecer oficinas sobre preparação para o uso do mapa tátil para professores de geografia e professores especializados em educação especial; produzir plantas táteis para uso em mobilidade; estabelecer convenções cartográficas para os mapas táteis no Brasil; melhorar o intercâmbio com pesquisadores e centros de produção.

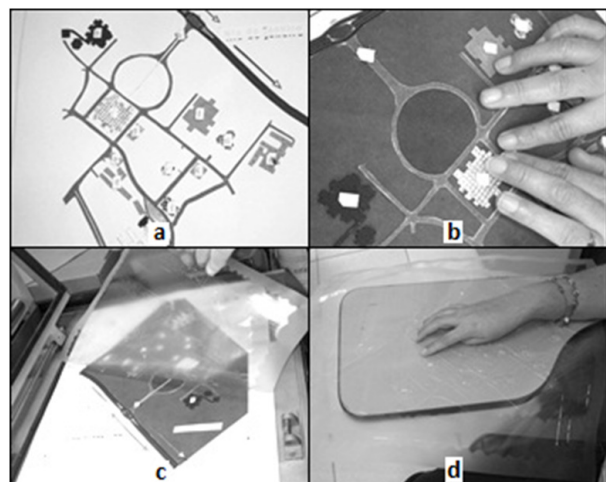


Fig. 1 - Processo de confecção de um mapa tátil.

3. PROTOTIPAGEM RÁPIDA

Buscando novas metodologias que possam ser aplicadas na concepção de produtos táteis, a tecnologia de prototipagem rápida vem sendo estudada neste trabalho. A prototipagem rápida é uma tecnologia que constrói modelos físicos (protótipos) a partir de modelos 3D desenhados em sistemas CAD (Computer-Aided Design).

No Brasil, embora seja o país na América Latina que apresenta o maior número de máquinas (Tabela 1), a utilização da prototipagem rápida ainda é restrita ao desenvolvimento de peças para a indústria mecânica e na área médico-odontológica. Já na área educacional, seu uso se concentra nas escolas de engenharia mecânica, desenho industrial e ao estudo da paleontologia. O preço dos equipamentos e da matéria-prima é o principal motivo para o baixo uso dessa tecnologia. (CELANI et al, 2007).

Essas máquinas, também conhecidas como impressoras 3D podem variar em termos de tecnologia, materiais utilizados e qualidade dos protótipos produzidos. As mais utilizadas são o sistema de estereolitografia (SLA), o sistema FDM (*fusion deposition modeler*) e as impressoras a pó.

Alguns estudos dividem as tecnologias de prototipagem rápida em duas categorias principais: (1) métodos com remoção de material e (2) com adição de material. O primeiro caso é um processo em que há uma 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 a réplica física do modelo original desenhado em CAD. Nesta categoria destacam-se as máquinas fresadoras. No segundo caso, o modelo físico é construído sequencialmente, adicionando materiais, uma camada sobre a outra, até formar uma cópia do seu original digital em CAD (MELLO et al, 2006).

Os processos de prototipagem rápida seguem uma sequência composta por etapas para a impressão dos protótipos. 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, orientado e, em seguida, nos

Tabela 1. Classificação dos países segundo ao número de máquinas de prototipagem rápida. Fonte - Adaptada de FOGIATTO (2005).

Classificação	País	Nº de máquinas
1º	E. U. A.	4578
2º	Japão	1917
3º	Alemanha	984
4º	China	716
21º	Brasil	45

processos de produção com adição de material, são adicionadas estruturas de suporte às camadas, que são fatiados em várias camadas bidimensionais. Já nos processos com remoção de material essa etapa não existe. Posteriormente, as informações são transferidas para a máquina de prototipagem rápida e inicia-se a etapa de fabricação, na qual as camadas são reproduzidas, até o objeto ser completamente construído de acordo com o desenho no computador.

4. METODOLOGIA

A parte experimental deste trabalho foi realizada no Instituto Nacional de Tecnologia (INT), localizado na cidade do Rio de Janeiro, no Laboratório de Modelos Tridimensionais (LAMOT) que é considerado um dos mais modernos da América do Sul.

Os processos analisados do INT foram: modelagem por deposição fundida com ABS, com o equipamento *Stratasys FDM Vantage*; estereolitografia com o *3D Systems Viper SLA*; a impressão 3D colorida com compósito pó com *Zcorp Spectrum Z510* e a usinagem com a Fresadora CNC Modeladora pro MDX-650 Roland.

Posteriormente, os protótipos confeccionados no LAMOT, foram reproduzidos em películas de PVC na máquina *termoform* e avaliados pelo revisor braille, Jean Bernardo da Silva Vieira, do Departamento de Produção de Material Especializado (DPME) do Instituto Benjamin Constant (IBC). O revisor braille neste trabalho teve como função apontar problemas nas texturas quando estas prejudicam a compreensão da mensagem do trabalho, fazendo, se necessário, sugestões de novas texturas. Além desta, o revisor braille verifica se após a impressão ou adaptação de um material em relevo, quer textos, maquetes ou desenhos, há erros de ortografia, consistência dos pontos braille ou posição das palavras em relação aos objetos gráficos (desenhos) que o

trabalho possa conter. Verifica se há incoerência com regras estabelecidas ou quando não há regras, estabelece um consenso com o transcritor especializado (pessoa responsável pela confecção dos produtos táteis) para que tudo fique o mais legível possível. Em outras palavras, todo material tátil produzido pelo DPME e distribuído para todo o Brasil, tem que passar pelas mãos do revisor braille. É ele quem garante a qualidade desses produtos, para que outros deficientes visuais também tenham condições de interpretar as informações contidas nos produtos táteis.

Dentre os processos de prototipagem rápida disponíveis 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 *termoform*, onde a temperatura atingida é em torno dos 70° C. Os processos nos quais os protótipos são feitos por Modelagem por Deposição Fundida (FDM - *Fused Deposition Modeling*) e estereolitografia (SLA, *stereolithography*) foram descartados, já que os protótipos resultantes destas duas tecnologias são sensíveis ao calor, 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 fresadora, modelo *Modela pro MDX-650* (subtração de material).

Estabelecidos os processos de prototipagem rápida que poderiam ser utilizados, foi dado o início a fase de elaboração e confecção dos protótipos. Para isso, inicialmente foram reproduzidos protótipos dos materiais mais comumente utilizados como texturas na confecção dos mapas táteis artesanais, a saber: lixa, papel cartão, papéis com diferentes texturas, linhas de diversas larguras. Dentre os materiais citados, escolheu-se três tipos de texturas, para serem reproduzidos inicialmente (Figura 2).

Na textura T1, os parâmetros usados foram: altura, espaçamento entre as rugosidades e largura das rugosidades. Além dos parâmetros, também o acabamento das rugosidades que poderiam ser retilíneos (Figura 3a) ou arredondados (Figura 3b), sofreram variações.

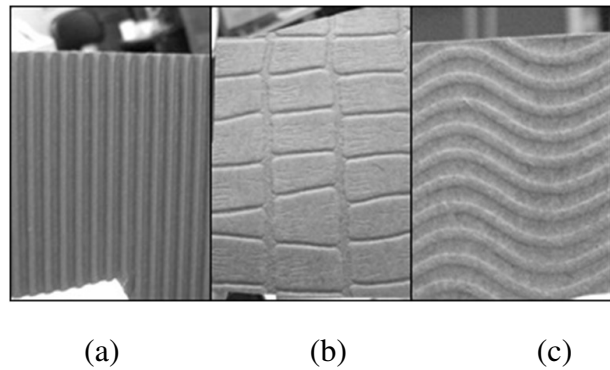


Fig. 2 - Texturas usadas na produção artesanal de materiais táteis: a) T1 (corrugado), b) T2 (quadriláteros) e c) T3 (ondas).

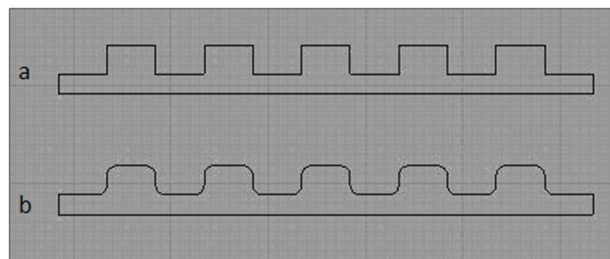


Fig. 3 - Acabamento do protótipo que imita uma das texturas.

Da mesma maneira, as texturas feitas a partir das texturas T2 e T3 tiveram variações em seus parâmetros. Na textura T2, os parâmetros foram altura, espaçamentos entre os quadriláteros e tamanho dos mesmos. Já na textura T3 os parâmetros são altura, largura e o espaçamento. Essa variação foi feita com o objetivo de verificar a possibilidade de decodificação, por parte do deficiente visual. Essa análise foi feita tanto nos protótipos quanto nos produtos gerados a partir deles. A variação dos parâmetros para as três texturas podem ser vistos nas tabelas 2, 3 e 4.

Estabelecidos os parâmetros para cada textura, o passo seguinte foi a modelagem tridimensional dos desenhos das texturas. Os desenhos foram modelados no programa de desenho técnico *Rhinoceros* (Figura 4). O *download* desta versão é feito no próprio site, mas com limitação temporal de três meses. É preciso desinstalar e reinstalar o *Rhinoceros* sempre que o tempo expirar.

Como mencionado anteriormente, a impressão dos protótipos foi realizada no LAMOT. Para isto foram utilizados dois processos diferentes: impressão 3D colorida (adição de material) que tem

Tabela 2. Parâmetros da textura T1.

Textura T1	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Espaçamento (mm)	2	4	5
Altura (mm)	2	3	4
Largura (mm)	4	4	4

Tabela 3. Parâmetros da textura T2.

Textura T2	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Espaçamento (mm)	2	4	6
Altura (mm)	2	4	6
Tam. padrão (mm)	10 x 15	15 x 20	20 x 25

Tabela 4. Parâmetros da textura T3.

Textura T3	Modelo 1	Modelo 2	Modelo 3
Espaçamento (mm)	3	5	7
Altura (mm)	2	4	6
Largura (mm)	2	4	6

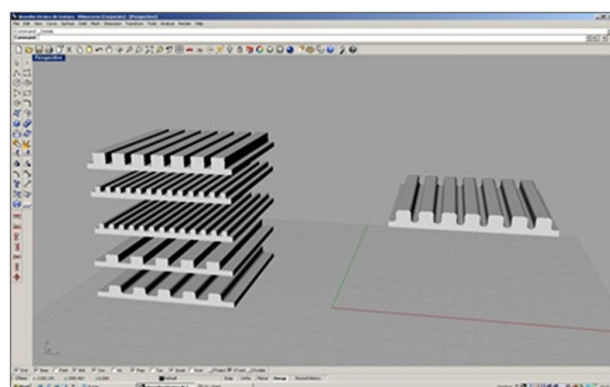


Fig. 4 - Modelagem da textura 2a.

como matéria-prima o pó de gesso e a fresadora (subtração de material) na qual a matéria-prima utilizada foi o poliuretano com densidade de 110 Kg/m³.

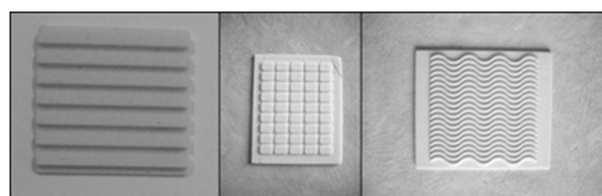
Para a prototipagem das texturas, os dados dos desenhos foram convertidos para o formato de entrada do *software* da máquina a ser usada. Nesta etapa é feita a preparação para a impressão, onde o programa da máquina Modela pro MDX-650 (*Modela Player*), simula o ambiente de impressão, fornecendo o tempo estimado para a impressão do protótipo.

Os protótipos que tiveram como inspiração os papéis da figura T1 e T2 foram feitos na fresadora CNC Modela pro MDX-650. Já aqueles que tiveram como base a figura T3, apenas o modelo 1 (com parâmetros espaçamento 3mm, altura 2mm e largura 2mm), foi feito na impressora 3d *Zcorp Spectrum Z510*, os demais na fresadora. A Figura 5 mostra os protótipos das texturas escolhidas.

Impressos os protótipos das texturas, a etapa seguinte foi realizada no Departamento de Produção de Material Especializado - DPME do Instituto Benjamin Constant. Os protótipos foram avaliados pelo revisor braille do departamento.

Tendo em vista a importância do revisor braille como também a interação entre o produtor do mapa e o usuário, os protótipos foram revisados e avaliados por Jean Bernardo da Silva Vieira, revisor braille do Instituto Benjamin Constant. Além dos protótipos confeccionados em poliuretano e pó de gesso, outro protótipo (emprestado pelo INT) confeccionado na matéria-prima uriol, usando a fresadora foi revisado (Figura 6). Todos os produtos foram avaliados pelo revisor braille e os resultados estão descritos na conclusão deste artigo.

Nessa etapa, ficou claro que a confecção de protótipos que reproduzissem as texturas mais utilizadas dependeria da criatividade do produtor do mapa e também da matéria-prima a ser utilizada



(a) (b) (c)

Fig. 5 - Protótipos das texturas da figura 2.



(a) (b) (c)

Fig. 6 - Etapas executadas no IBC: a) protótipos sendo reproduzidos em película de PVC, b) revisão dos produtos na película de PVC e c) revisão dos protótipos.

na prototipagem. Dependendo da matéria-prima em uso na confecção do material as texturas são diferentes, devido as suas superfícies.

Após estabelecidos os primeiros protótipos das texturas mais utilizadas, foi confeccionada a primeira matriz de um mapa tátil através do processo de prototipagem rápida. O mapa escolhido foi o das regiões geográficas brasileiras. 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 formato da base cartográfica (cdr). Com isso, os dados foram exportados para o programa e realizou-se a modelagem do mapa, como mostra a Figura 7.

Para a modelagem deste mapa foram necessárias cinco texturas. Duas delas já haviam sido elaboradas na fase anterior (para representar a região norte com a textura do corrugado e a região sudeste com a textura de ondas) sendo então criadas três novas texturas (utilizadas para representar as regiões nordeste, centro-oeste e sul). Os parâmetros das texturas usadas no mapa podem ser vistos na tabela 5.

A tabela mostra que o espaçamento e a altura para todas as texturas foram iguais, 5 mm e 3mm, respectivamente. Houve mudança entre as texturas somente para a largura.

As texturas usadas para representar cada região são diferenciadas por suas formas. A Figura 8 apresenta as formas usadas para representar, respectivamente, as regiões norte, nordeste, centro-oeste, sul e sudeste.

Na legenda, onde é encontrada a informação de qual textura representa determinada região, só houve uma mudança com relação aos parâmetros usados para representar as regiões do Brasil. Os espaçamentos e larguras permaneceram com os mesmos valores do mapa, mudando-se apenas a altura. Atribuiu-se o valor de 1mm para todas as texturas. Como não existe um método de inserir as informações textuais no desenho digital em braille, uma vez que ainda não há o braille em digital, optou-se em colocar as informações textuais do mapa em caracteres, ficando assim em relevo. Com isso foi necessário estabelecer a altura e o tamanho ideal, ficando com 4 mm de altura, os dados contidos na legenda e 5 mm para os demais: título do mapa, escala e a rosa-dos-ventos.



Fig. 7 - Mapa do Brasil em 3D.

Tabela 5. Parâmetros das texturas da matriz tátil.

Regiões	Espaçamento	Altura	Largura
Norte	5 mm	3 mm	4 mm
Nordeste	5 mm	3 mm	4 mm
Sudeste	5 mm	3 mm	2 mm
Sul	5 mm	3 mm	R = 5 mm
Centro-oeste	5 mm	3 mm	2 mm

Feita a modelagem do mapa, este foi impresso na fresadora CNC Modela pro MDX-650, tendo como matéria-prima o poliuretano. Durante a simulação do ambiente de reprodução do mapa tátil, percebeu-se que uma base de 3 mm não seria suficiente, pois o mapa poderia quebrar ao ser retirado da fresa. Com isso, a altura da base da matriz tátil foi alterada para 11 mm. O mapa modelado sofreu outras alterações por causa do tamanho da menor fresa disponível para a impressão deste trabalho. Foi necessário trabalhar com uma região maior que a modelada anteriormente. Por exemplo, os caracteres tiveram de ser ampliados porque a fresa de 3 mm não conseguiria imprimir estas letras. Feita a modificação necessária para a impressão, a matriz tátil foi fresada.

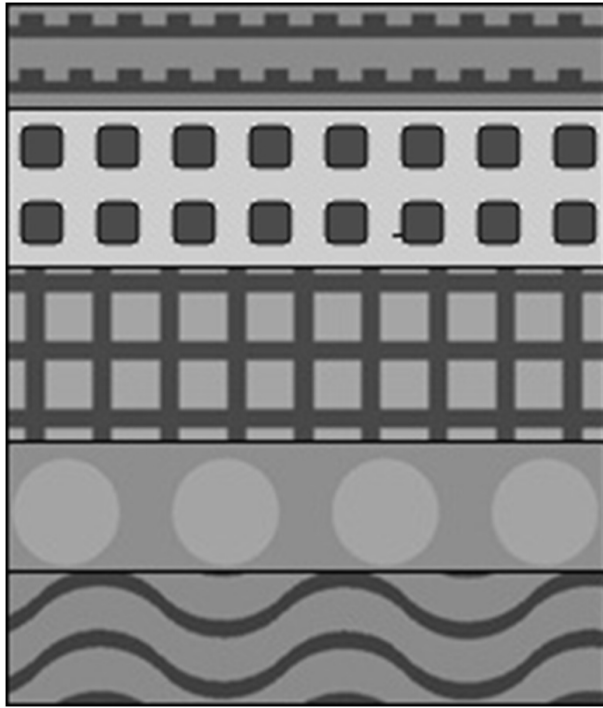


Fig. 8 - Texturas usadas para diferenciar as regiões do Brasil.

5. CONCLUSÕES

Os resultados foram obtidos segundo o teste de percepção tátil feita pelo do revisor braille. Procedimento adotado pelo IBC para a emissão de produtos táteis para todo o Brasil. Com relação aos protótipos que foram produzidos com a intenção de imitar as texturas mais usadas, o resultado foi positivo. O primeiro requisito a ser avaliado foi com respeito aos parâmetros das texturas. A intenção era saber se os protótipos poderiam ser utilizados como texturas e se eram perceptíveis as diferenças estabelecidas, tanto nos protótipos quanto os produtos gerados a partir deles. Com relação aos parâmetros (espaçamento, altura e largura), tanto os protótipos como em seus produtos, ficou perceptível os diferentes modelos impressos. O revisor braille notou as diferenças que existiam em cada textura, nos parâmetros mencionados anteriormente, e também notou as diferentes texturas. Vale salientar que as diferenças ficaram perceptíveis tanto nos protótipos impressos nas máquinas quanto nas películas de plásticos (PVC).

Com relação às diferentes matérias-primas, poliuretano, uriol e pó de gesso, é nítida a diferença entres as três, tanto nos protótipos como nos produtos termoformados. O poliuretano é mais áspero que os outros dois materiais, sendo o uriol o que apresenta uma textura mais lisa entre os três.

Um problema encontrado nos protótipos feitos no poliuretano para ser produzido na película de PVC, foi que este material solta resíduos, o que pode prejudicar a impressão. Neste trabalho, com relação a este fator, nenhum problema foi encontrado, uma vez que as texturas ficaram bem nítidas nas películas de plásticos, não havendo nenhuma dificuldade por parte do revisor braille em identificar cada uma delas.

Com relação a matriz tátil feita no poliuretano alguns problemas foram encontrados. Ao escalonar a matriz, o tamanho final do protótipo ficou grande para ser termoformado no IBC, uma vez que as matrizes táteis usadas devem ter dimensões máximas de 47,5 x 36 cm, deixando uma margem interna de 2 cm como segurança para reprodução na máquina *termoform*, sendo assim qualquer matriz tátil que for ser produzida tem que ter 45,5 x 34 cm de dimensão máxima.

Com isso, os resultados relatados a seguir são apenas da matriz tátil, uma vez que nenhum produto foi gerado a partir dela pelo IBC. Vale ressaltar que existem máquinas *termoforms* que são capazes de reproduzir em películas de plásticos a matriz confeccionada. A matriz tátil será termoformada usando uma máquina com dimensões de impressão maior do que a máquina termoforme disponível no IBC.

Os pontos positivos relatados pelo revisor braille foram em relação aos parâmetros das texturas na legenda e ao tamanho do matriz tátil. Com relação às texturas, o revisor braille do DPME verificou que a altura poderia ser menor. O ideal, segundo a sua experiência, seria a altura definida para a legenda, ou seja, 1 mm, facilitando a obtenção da informação. Mesmo com esta sugestão, não houve dificuldades em diferenciar cada textura e relacioná-las à legenda. O tamanho da matriz tátil impressa pela fresadora, segundo Jean, está com o tamanho adequado, uma vez que, com o aumento da área de impressão as informações contidas puderam ser ampliadas, facilitando aos seus usuários conseguir informações do mesmo.

Muitas melhorias foram sugeridas pelo revisor, uma delas é com relação ao formato das regiões. Na matriz, as regiões não estão delimitadas por um contorno, apenas por suas texturas. Isto prejudicou o usuário em identificar o formato de cada região. Este fator é de grande relevância uma vez que é através dos formatos que os usuários assimilam outras informações.

Na matriz tátil nenhuma informação estava em braille, apesar da importância deste sistema na educação dos deficientes visuais. Deste modo todas as informações da matriz estavam em caracteres comuns. Com relação aos caracteres numéricos, houve bastante dificuldade em fazer a leitura. Já, com relação às letras, o revisor mostrou mais facilidade ao fazer a leitura, mas deixou claro que isto é uma característica particular dele, uma vez que sempre buscou outras formas de aprendizado. Portanto, essa facilidade não deve ser atribuída a todos os deficientes visuais. Sendo assim, foi feita a sugestão de que na segunda matriz números e letras estejam em braille.

Em suma, a matriz tátil confeccionada por um dos métodos da prototipagem rápida, mostrou-se eficiente. O revisor braille conseguiu identificar cada região pelas texturas relacionando-as à legenda. Pode-se dizer que esta primeira matriz mostrou a possibilidade de termos um avanço no que diz respeito à confecção de matrizes táteis.

Para o segundo mapa, as mudanças sugeridas pelo revisor braille serão feitas, como por exemplo, a altura das texturas, que neste novo mapa, será atribuída a altura de 1 mm. Outra mudança é com relação a legenda que ficará separada do mapa. E com relação aos caracteres no segundo mapa, as informações serão em braille, feitas com o auxílio da máquina de escrever braille.

AGRADECIMENTOS

Este trabalho não seria possível se não tivéssemos a ajuda do Laboratório de Modelos Tridimensionais (LAMOT) do Instituto Nacional de Tecnologia, que nos forneceu, dentro do possível, suporte para a impressão dos protótipos. Contamos também com a ajuda do revisor braille, Jean Bernardo do Departamento de Produção de Material Especializado (DPME) do Instituto Benjamin Constant. Suas opiniões e críticas só engrandeceram esta pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADELINO, D.S. **Variáveis Táteis para Representações Cartográficas**. Dissertação de Mestrado. Instituto Militar de Engenharia. 130 pp. 2006.

ALMEIDA, D. B.; **Pessoas com deficiências e/ou necessidades educativas à luz dos direitos humanos**. In: Lima, Ricardo Barbosa. (Org.).

Direitos Humanos e Cotidiano. 1ª ed. Goiânia: Bandeirante, 2001, v. único, p. 178-183. Disponível em: < http://www.dhnet.org.br/direitos/sos/def/pessoas_deficientes.html>. Acesso em agosto de 2010.

AMORIM, E. S. M. dos S.; CARVALHO, de J. L.; MENEZES, L. K. B.; **Educação de cegos mediada pela tecnologia**. Disponível em: < <http://technoeducacao.blogspot.com/2009/03/educacao-de-cegos-mediada-pela.html>>; Acesso em: agosto de 2010.

BRUMER, A.; PAVEI, K.; MOCELIN, D. G.; **Saindo da “escuridão”: perspectivas da inclusão social, econômica, cultural e política dos portadores de deficiência visual em Porto Alegre**. Sociologias, UFRGS, Porto Alegre, v. 6, n. 11, p. 300-327, 2004. Disponível em: < <http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/19821/000430315.pdf?sequence=1>>. Acesso em outubro de 2010.

CELANI, G.; Pinheiro, E.; VAZ, C.; CYPRIANO, D.; STOYANOV M.; **Imprimindo idéias: viabilização do uso de impressoras para maquetes arquitetônicas**. Curitiba, 2007. Disponível em: < <http://www.fec.unicamp.br/~lapac/download/celani-pinheiro-vaz-cypriano-stoyanov-2007.pdf>>. Acesso em junho de 2009.

CONVENÇÃO DA GUATEMALA. Adotada na cidade de Guatemala pelo vigésimo nono período ordinário de sessões da Assembléia Geral, em 7 de junho de 1999. Disponível em: < <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/guatemala.pdf>>. Acesso em janeiro de 2011.

FREEDOM SCIENTIFIC. Disponível em: < <http://www.freedomscientific.com/products/fs/jaws-product-page.asp>>. Acesso em novembro 2010.

FUNDAÇÃO DORINA NOWILL. Disponível em < <http://www.fundacaodorina.org.br>>. Acesso em novembro 2010.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Disponível em < <http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em março de 2008.

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. [s.n.], 2006.
- LOCH, R. E. N.; ALMEIDA, de L. C. O projeto “mapas táteis como instrumentos de inclusão social de portadores de deficiência visual”. In: Seminário Nacional Interdisciplinar em Experiências Educativas – SENIEE, 2., 2007, Francisco Beltrão, PR. **Anais...** Francisco Beltrão. 2007.
- LOCH, R. E. N. **Cartografia tátil: mapas para deficiente visuais**. Portal da cartografia, v. 1., n. 1., 2008, Londrina – PR. Disponível em: <<http://www.uel.br/revistas/uuel/index.php/portalcartografia>>. Acesso em maio 2008.
- MELLO, C. H. P.; SILVA, C. E. S. da; COSTA, S. C. da; Comparação de três diferentes tecnologias de prototipagem rápida em relação a critérios de custo e tempo. In: XXVI ENEGEP, 2006, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza, 2006. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2006_TR490328_7839.pdf>. Acesso em junho de 2009.
- MICRO POWER**. Disponível em: <<http://www.virtualvision.com.br>>. Acesso em novembro 2010.
- OKA, M. E. **Importância do mapa e do mapa tátil**. In: 1º Simpósio Brasileiro sobre o Sistema Braille. 2001.
- ONU - DECLARAÇÃO UNIVERSAL DOS DIREITOS HUMANOS**. Adotada e proclamada pela resolução 217 A (III) da Assembleia Geral das Nações Unidas em 10 de dezembro de 1948. Disponível em: <http://portal.mj.gov.br/sedh/ct/legis_intern/ddh_bib_inter_universal.htm>. Acesso em dezembro de 2010.
- PYY, H.; O’DONNELL, C.; CARVALHO, F. M.**; Virtual Magnifying Glass 3.4. Disponível em: <<http://magnifier.sourceforge.net/>>. Acesso em novembro 2010.
- RHINOCEROS. Disponível em: <<http://www.rhino3d.com>>. Acesso em julho de 2011.
- SILVA, G. S. **Inclusão social do deficiente visual**. Disponível em: <<http://www.lerparaver.com/node/256#realidade>>. Acesso em junho 2008.
- VASCONCELLOS, R. A. A.; **A cartografia tátil e o deficiente visual: uma avaliação das etapas de produção e uso dos mapas**. Tese de doutorado. Departamento de geografia. Universidade de São Paulo, São Paulo, 1993.