



IMPRESSORA DE GRÁFICO PARA CEGOS: UM FACILITADOR NO ENSINO DE CONTEÚDOS DE MATEMÁTICA E FÍSICA EM ENGENHARIA

Karen Mello Colpes – karencolpes@gmail.com

Rafael Antônio Comparsi Laranja – rafael.laranja@ufrgs.br

Universidade Federal do Rio Grande do Sul - UFRGS, PROMEC

Rua Sarmento Leite, 425, Centro

90050-170 – Porto Alegre - RS

Resumo: Atualmente, a utilização dos recursos de Tecnologia de Informação e Comunicação tem sido cada vez mais considerada essencial. Porém, para deficientes visuais sem o adequado acesso ao computador e demais tecnologias, os obstáculos no que se refere à educação, lazer ou a garantir um lugar no mercado de trabalho podem ser inúmeros. Sabe-se que na educação para cegos, os recursos audiovisuais são frequentemente utilizados pelas Instituições de Ensino, o que pode acarretar que eventualmente, alunos com cegueira ou baixa visão, venham a adquirir uma compreensão fragmentada da realidade, reduzindo o seu interesse e motivação. Assim, torna-se evidente a importância do uso de material didático adequado, que não seja apenas virtual, uma vez que requerem elevado esforço imaginário destes indivíduos. Assim, este trabalho propõe o desenvolvimento de um produto que possa ajudar na produção de materiais educativos para alunos cegos. Uma impressora de gráficos em alto-relevo, permitindo a utilização da exploração tátil no aprender do conhecimento físico e matemático. Vindo a contribuir também para fornecer subsídios para a inclusão deste grupo de alunos em escolas regulares, profissionalizantes e de ensino superior.

Palavras-chave: Deficientes Visuais, Tecnologia Assistiva, Educação Inclusiva, Impressora de gráficos para cegos

1. INTRODUÇÃO

De acordo com a Organização Mundial de Saúde (WHO, 2010), cerca de 285 milhões de pessoas possuem deficiência visual, das quais 39 milhões são cegos e 246 milhões possuem baixa visão. No Brasil (IBGE, 2010), aproximadamente 6,5 milhões compreende o número de pessoas que possuem grande dificuldade de enxergar e cegueira total. Destes indivíduos, 351 mil encontram-se no Rio Grande do Sul, sendo 156 mil apenas na região metropolitana de Porto Alegre.

Sabe-se que o processo de inclusão nas escolas é cada vez mais evidente e crescente, prova disto, em 2012 foi registrado um aumento de 9,1% no número de matrículas na Educação Especial Básica em relação a 2011. Os avanços alcançados pela atual política de inclusão no Brasil mostram ainda que 78,3% dessas matrículas estão em escolas

públicas enquanto 21,7% em escolas privadas (INEP, 2012). Na educação básica em 2008, os deficientes visuais representavam apenas 0,13% dos 52,6 milhões de alunos matriculados em escolas públicas e particulares do País (MEC, 2009). Em 2012 o ensino superior apresentou um quadro semelhante, pois, os 9,2 mil deficientes visuais (cegos e indivíduos com baixa visão) simbolizavam somente 0,13% dos 6,7 milhões de universitários (INEP, 2012). As estatísticas oficiais apresentadas sobre os deficientes visuais no País mostram que uma parcela significativa desta população ainda não faz parte deste universo educacional.

Embora se perceba a cada ano um aumento significativo de matrículas de deficientes visuais nas escolas, muito precisa ser feito para garantir que todas as crianças, jovens e adultos que não enxergam estejam incluídas nas redes de ensino do País. Alguns limitadores ainda são encontrados no que se refere à capacitação de professores para a inserção de alunos especiais em salas de aulas regulares, bem como na disponibilidade de materiais didáticos apropriados para auxiliá-los neste processo. Sabe-se que na educação para cegos, recursos audiovisuais, digitais e softwares interativos são amplamente utilizados pelas escolas. Entretanto, estes alunos ainda apresentam dificuldades, tanto para a assimilação do conteúdo, quanto na utilização das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) disponíveis. O que pode acarretar em redução de interesse e motivação pelos estudos, uma vez que, eventualmente estes alunos podem vir a adquirir uma compreensão fragmentada do conteúdo a ser transmitido, o que pode ser agravado quando do ensino de conteúdos das ciências exatas, principalmente nos Ensinos Médio e Superior (Riffel, 2009).

Para Vygotsky (*apud* Lopes, 2009) alunos com deficiência visual são capazes de atingir o mesmo grau de desenvolvimento que alunos com visão normal, pois, suas faculdades cognitivas permanecem inalteradas, sendo apenas necessária a utilização de meios de aprendizagem diferentes. Assim, torna-se notória a importância da utilização de materiais de auxílio que não sejam apenas virtuais, pois exigem elevado esforço imaginário destes indivíduos. Tais materiais devem ser explorados de forma mais concreta, ou seja, levando à compreensão através da percepção tátil. Uma vez que os cegos possuem no tato o seu sentido exploratório, seu ponto de referência para a abstração (*ib.* 2009).

No que tange especificamente ao ensino da matemática, vem sendo utilizado como recurso fundamental: a utilização do soroban ou ábaco (Fig. 1), tradicionalmente usado no Japão para auxiliar em cálculos matemáticos, tendo sido adaptado no Brasil, na década de 1950, para a utilização por alunos cegos.

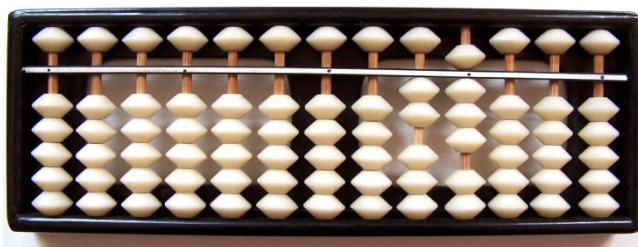


Figura 1. Soroban ou Ábaco japonês. Fonte: Reincke, 2005.

Com este instrumento é possível realizar operações de adição, subtração, multiplicação, divisão, radiciação e potenciação (Vieira e Silva, 2007). Porém, suas aplicações não abrangem conteúdos que requeiram maior complexidade como

trigonometria, estatística e geometria. Neste sentido, torna-se difícil para um cego congênito abstrair um gráfico sem utilizar de seu sentido háptico para interpretá-lo.

Segundo Cerqueira e Ferreira (*apud* Pereira, 2004), recursos didáticos compreendem recursos físicos utilizados em disciplinas, áreas de estudo ou atividades, com o objetivo de auxiliar o educando a assimilar o conteúdo de forma mais eficaz, tornando-se um meio de facilitar, simplificar e incentivar o processo ensino-aprendizagem.

Desta forma, o presente trabalho visa contribuir para o processo educacional de indivíduos cegos, utilizando a tecnologia assistiva a seu favor. O que faz através da proposição do desenvolvimento de uma impressora de gráficos em alto-relevo, permitindo assim, uma maior praticidade na produção de materiais hápticos a serem explorados. Para isso será utilizada a aplicação de tinta de emulsão acrílica com propriedades expansivas ao calor, comumente empregada em trabalhos artesanais ou cola de secagem rápida por radiação ultravioleta. Assim, este produto visa auxiliar na produção de materiais didáticos para o ensino de conteúdos matemáticos e físicos do Ensino Superior, primordialmente dos cursos de Engenharia.

2. RECURSOS DE ENSINO UTILIZADOS OU EM PROJETO

Embora hoje em dia haja uma facilidade maior para que estes alunos tenham contato com textos de forma audível ou em Braille, conforme mencionado, gráficos e diagramas ainda são pouco acessíveis. Uma alternativa seria incluir textos descritivos nos diagramas, no entanto, este método é ineficaz em transmitir informação espacial. Outra solução seria a utilização de diagramas táteis e a forma mais comum destes diagramas é a concreta, criada fisicamente, feita artesanalmente ou com a utilização de máquinas e papéis especializados (Rastogi e Pawluk, 2013).

Sabe-se que com o advento de novas práticas de ensino aliadas ao crescente desenvolvimento tecnológico, foi permitida a introdução dos jogos educacionais nas escolas. Estes jogos têm a função de auxiliar didaticamente professores e alunos no processo ensino-aprendizado. Um dos objetivos dos jogos educacionais é prover meios para produção e construção do conhecimento pelo aluno, além de estimularem a imaginação e compreensão de certas dinâmicas sociais (Aranha *apud* Moraes, 2008).

Neste contexto, podem-se citar dois produtos que atuam como jogos no processo educacional o Geoplano e o Multiplano, materiais concretos que permitem alguma exploração espacial e são utilizados no ensino para cegos por algumas escolas e faculdades do Brasil.

Segundo Machado (2004), o Geoplano é um recurso didático-pedagógico, dinâmico e manipulativo que contribui para explorar, principalmente através do tato, problemas geométricos e algébricos, facilitando o desenvolvimento das habilidades de exploração espacial. Oferecendo assim, aos cegos, um apoio para o caminho da abstração na aprendizagem. Possui sua versão industrializada (Fig. 2) composta de uma base com perfurações e pinos de encaixe, no entanto, é mais encontrado e empregado em sua construção artesanal (Fig. 3), feita geralmente de uma tábua de madeira com pregos distribuídos em linhas e colunas, barbantes ou ligas de elástico para compor as formas desejadas.

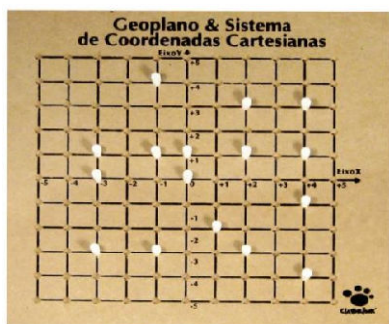


Figura 2. Geoplano industrializado.
Fonte: Lojas Wessel



Figura 3. Utilização de Geoplano artesanal

O Multiplano recebeu recomendação do Ministério da Educação (MEC) para a aplicação em toda a rede de ensino brasileira e começou a ser comercializado em todo o país, também na versão digital. O instrumento pode ser usado tanto para alunos das séries iniciais do ensino fundamental quanto para estudantes do ensino superior (Gazeta de Maringá, 2009). Projetado pelo professor Ferronato inicialmente para o ensino de matemática a um aluno cego do Ensino Superior, trata-se de uma espécie de jogo semelhante ao Geoplano que permite a construção de gráficos e formas geométricas (Fig. 4) não apenas de forma planificada, mas, nos três eixos.



Figura 4. Utilização do Multiplano
Fonte: Gazeta de Maringá, 2009



Figura 5. Confecção artesanal de
materiais adaptados

Mesmo apresentando alternativas interessantes de aprendizagem através do sistema háptico, tanto o multiplano quanto o Geoplano apresentam limitadores de reprodução de formas e de simplificação de sistemas quando pensa-se nos complexos gráficos abordados em aulas de graduação e pós-graduação dos cursos de Engenharia.

Neste caso, alguns professores ou centros de apoio ao cego procuram produzir materiais adaptados que traduzam de forma simplificada os inúmeros diagramas de livros relacionados à Física e à Matemática. Para tanto, utilizam-se de desenhos elaborados em impressoras Braille, textos descritivos, técnicas de termoformagem em folhas plásticas e construções artesanais (com papéis especiais, tintas relevo, tecido, pregos, madeira, ligas elásticas, etc) (Fig. 5). No entanto, fazer estes diagramas também apresenta certa desvantagem, pois, pode ser dispendioso em tempo, dinheiro, e há necessidade de simplificar ao máximo o desenho para reprodução, além da falta de padronização, uniformidade e continuidade dos traços, que dependem muito das habilidades artísticas de quem realiza as adaptações, que na maioria das vezes são feitas

por professores, pedagogos e terapeutas ocupacionais. Além disso, também resultam em imagens volumosas e difíceis de armazenar e transportar.

Evidentemente, muito se têm empreendido em pesquisas que buscam por novos métodos e equipamentos objetivando facilitar o aprendizado e o acesso à informação por deficientes visuais. Trata-se de uma tentativa de fazer com que o desenvolvimento de produtos para cegos possa acompanhar a celeridade do avanço tecnológico e do lançamento de novos dispositivos de informação e comunicação. A busca mais difundida atualmente é por um sistema de atuadores e de controle que seja economicamente viável e de fácil manutenção para displays dinâmicos em Braille.

Um display Braille é um dispositivo que projeta caracteres em relevo a fim de permitir que pessoas cegas possam ler informações. É composto por partes mecânicas e eletrônicas e utilizam um atuador para promover o movimento para cima ou para baixo de cada pino Braille, ou seja, para controlar a convexão ou nivelamento destes (Yobas et al. 2003; Yeh e Liang, 2007). A maioria utiliza-se, para isso, de impulsos elétricos ou magnéticos e possuem como requisito básico de projeto favorecer sua portabilidade, devendo ser pequeno, leve, e consumir pouca energia (Cho e Kim, 2006). A maior dificuldade encontrada está na busca por um atuador ideal. Pois, um display full-page de 28x30 cm com 25 linhas de 40 caracteres cada, requer de 6 a 8 mil pontos e atuadores, obtendo-se assim uma resolução de 1 ponto/mm² (Bar-Cohen, 2009).

Ao longo dos anos vários tipos de atuadores têm sido testados com este fim, dentre eles: eletromagnéticos, pneumáticos, solenóides, piezoelétricos, relés, polímeros eletroativos (EAP), *flappers*, materiais com memória de forma (SMA) e fluidos eletro-reológicos. A seguir pode-se citar alguns problemas relacionados a estes materiais (Cho e Kim, 2006; Yeh e Liang, 2007; Bar-Cohen, 2009):

- **Solenóides** - são difíceis de miniaturizar, pois, ocupam espaço por causa da indução magnética na bobina.
- **Piezoelétricos** - requerem tensões elétricas maiores para operação e o tamanho de seu sistema de controle torna-se relativamente grande, o que o torna um sistema pesado e de custo elevado.
- **Flappers** - embora seja dado como solução de baixo custo, apresenta perda de força em função do aquecimento gerado.
- **Ligas com memória de forma** - possuem resposta lenta o que dificulta o processamento em tempo real, além de ser necessário um sistema de ventilação para funcionamento.
- **Fluidos eletro-reológicos** - utilizam altas voltagens e aquecem bastante em operação, assim, por segurança precisam da utilização de cooler para ventilação além de serem constantemente monitorados.
- **Polímeros eletroativos** - desde 2003, muitos grupos têm desenvolvido protótipos de dispositivos Braille utilizando atuadores com base em polímeros eletroativos, pois verificou-se que assim, vários atuadores podem ser colocados em uma área pequena sem interferência. As pesquisas mostram a utilização de materiais como: polímeros condutores, elastômeros dielétricos, ferroelétricos, metal compósito polímero iônico (IPMC) e fluoreto de polivinilideno (PVDF). Mas, estes também apresentam aspectos negativos significativos que limitam sua viabilidade comercial. O IPMC não produz força suficientemente satisfatória, o EAP assim como o atuador piezoelétrico requer tensão elétrica (grande dispêndio de energia) alta de funcionamento, além de os polímeros condutores possuírem um curto tempo de vida útil.

Então, tais dispositivos acabam se configurando em produtos de custo muito elevado (cerca de alguns milhares de dólares) devido à complexidade de produção, controle, manutenção e materiais necessários para confecção de um *display* de página inteira (*full-page*) (Aluței et al., 2013; Yeh et al., 2008; Yobas et al., 2003). Em virtude disto, os *displays* Braille encontrados atualmente no mercado são apresentados como células unitárias ou régua (lineares), *displays* simplificados, que não configuram uma solução interessante para a representação de diagramas (Bar-Cohen, 2009).

3. METODOLOGIA

A fim de dar a fundamentação teórica necessária ao projeto, em um primeiro momento a metodologia adotada pautou-se na pesquisa bibliográfica e na busca por periódicos e publicações técnico-científicas sobre educação para cegos e dados estatísticos a este respeito. Desta forma pôde-se verificar a real necessidade de um método de ensino através de materiais palpáveis, que proporcionem visualização através das mãos a quem não enxerga com olhos.

Sabe-se que em projeto de produto, orientar o produto para o mercado é o fator mais importante para uma boa aceitação e probabilidade de sucesso. Desta forma, este produto deve apresentar forte diferenciação com relação aos seus concorrentes diretos ou indiretos e principalmente apresentar características desejadas pelos consumidores (Baxter, 2011).

Então, a fim de se obter informações sobre possíveis produtos concorrentes e nortear as diretrizes de projeto, foram investigados diversos produtos destinados ao ensino e/ou acesso de informações por deficientes visuais, a fim de compreender o estado da arte destes equipamentos e tecer comentários analíticos sobre os mesmos. Posteriormente procurou-se obter dados sobre a usabilidade dos produtos existentes e das características desejadas pelos consumidores, para tanto, foram realizadas visitas a centros de adaptação de materiais didáticos como forma de apoio ao cego e instituições de educação inclusiva. Neste contexto visitou-se o Centro de Produção de Recursos Didáticos para Alunos com Deficiência Visual – CAP Florianópolis e o Instituto Estadual de Educação da mesma cidade.

Tais visitas também auxiliaram no processo de análise crítica dos equipamentos e métodos empregados na produção de gráficos para cegos, pois se obteve acesso a alguns destes, tais como: Impressora Braille, Geoplano, Thermoforming e técnicas artesanais com colagens e tintas em relevo. O que também auxiliou na definição dos requisitos de projeto da impressora em alto-relevo proposta.

Posteriormente foram realizados testes qualitativos de tempo de secagem e relevo ao toque com colas polivinílicas, tinta relevo acrílica, tinta de emulsão acrílica expansiva e cola de secagem rápida por irradiação ultravioleta.

3.1. Considerações sobre as visitas e testes qualitativos

Na visita realizada ao CAP Florianópolis pode-se perceber que as técnicas de adaptação de materiais para cegos disponíveis são:

Impressora Braille – técnica mais utilizada. Em conjunto com o software livre “Braille Fácil” realiza, por meio de um operador, a transcrição dos materiais para o Braille, além de imprimir em papéis especiais desenhos e gráficos com a utilização dos pontos de Braille. *Limitações:* Nem todo desenho pode ser simplificado e impresso por este sistema, círculos perfeitos e retas em diagonal, não podem ser reproduzidos por esta



técnica. Este material mesmo sendo impresso em papel de alta gramatura, também configura material descartável que com a utilização e pressão empregada pelos dedos do usuário, perde o relevo criado.

Thermoforming – termo-copiadora que se utiliza de alta temperatura e sistema de compressão a vácuo, passando para uma lâmina de acetato as formas e texturas contidas no molde elaborado. *Limitações:* Maquinário importado, de difícil acesso à assistência técnica e cujas lâminas para produção são dispendiosas. Caso o ar não seja retirado de forma adequada no processo de cópia, a lâmina fica enrugada e perde sua funcionalidade, tendo de ser descartada. Segundo profissional responsável pela adaptação de materiais, a maioria dos usuários relata não sentir-se confortável com sua utilização, pois, o consideram pouco atraente ao tato. Materiais produzidos em termoformagem também perdem seu relevo com o uso e o tempo.

Trabalho manual com colagens, colas e tintas sintéticas de relevo – trata-se também de uma das técnicas mais utilizadas. Os desenhos são reproduzidos utilizando-se materiais artesanais a fim de criar no papel uma imagem mais simplificada e em relevo para exploração háptica. *Limitações:* Por ser manual, não há uniformidade no traço e as formas dependerão muito das habilidades artísticas de quem realiza a adaptação. Também demanda muito tempo e nem todo desenho ou diagrama é passível de transcrição. Há também o empecilho de que algumas tintas acrílicas de relevo acabam por aderirem a outras folhas de papel quando empilhadas, mesmo após o tempo de secagem.

Multiplano – o CAP/Florianópolis possui três unidades do Multiplano, porém estas unidades não foram utilizadas e tampouco disponibilizadas às escolas e seus alunos por falta de capacitação para sua utilização. Evidenciando assim, certa complexidade de manuseio do material, ou seja, seu uso não é intuitivo, sendo necessário curso de habilitação para tal.

Os Materiais utilizados no Instituto Estadual de Educação consistem em impressora Braille, software de voz em computadores, técnicas artesanais e:

Geoplano – feito de forma artesanal, com tábua de madeira de 25x25 cm, pregos e ligas de borracha de variadas cores. *Limitações:* Apresenta certos riscos ao usuário cego devido à oxidação dos pregos e presença de quinas vivas. Por ser uma variação do ponto a ponto, também não permite a representação de todas as formas desejáveis.

Posteriormente, apresentou-se a um aluno cego do Ensino Médio do Instituto Estadual de Educação materiais adaptados utilizando-se de quatro das técnicas mencionadas acima: gráficos reproduzidos por impressora Braille, desenhos feitos no Thermoforming, no Geoplano e gráficos obtidos artesanalmente com três tipos de tinta acrílica (tinta acrílica 3D, tinta acrílica com glitter e tinta acrílica expandida ao calor). Em observação a esta utilização pode-se perceber que o aluno X, utilizou-se de manejo fino ou de precisão e pega de pinça para explorar de forma tátil os materiais. E acabou por definir o material produzido com emulsão acrílica de propriedades expansivas como o mais agradável e compreensível ao toque.

A princípio imaginava-se que o produto teria configuração semelhante a um display Braille, porém, projetando gráficos através de pinos. No entanto, além das desvantagens econômicas e de manufatura, este possuiria as mesmas limitações, em termos de reprodução de formas, que os gráficos obtidos em impressoras Braille, o Geoplano e o Multiplano, pois, trabalham com o sistema de matrizes de pontos.

Então, com base nas observações feitas, percebeu-se que o melhor seria um sistema que pudesse utilizar a tinta acrílica em um traço contínuo por deposição de material proporcionando relevo em um papel, uma vez que, gráficos ou diagramas compostos por um conjunto de pontos não são capazes de reproduzir todas as formas de modo limpo e de compreensão clara. Porém, como tais tintas secam por evaporação, este tende a ser um processo longo, então, alguns testes qualitativos de secagem foram realizados, verificando-se que a emulsão acrílica de propriedades expansivas e a cola de secagem rápida por

irradiação de ultravioleta apresentavam melhor resposta em viscosidade, tempo de secagem e relevo obtido.

4. REQUISITOS DE PROJETO

Desde o princípio deste trabalho, pensou-se em apresentar uma proposta que levasse em conta as necessidades dos usuários, que neste caso, são tanto os alunos cegos quanto os professores e profissionais de centros de adaptação de material. Assim, para auxiliar na definição dos requisitos e parâmetros deste projeto, optou-se por utilizar de técnicas de Desdobramento da Função Qualidade (QFD).

O QFD é um método de apoio ao desenvolvimento de produtos, que contribui para que as expectativas do consumidor sejam incorporadas ao projeto, aumentando a satisfação do mesmo e sua aceitação no mercado (Estorilio, 2007).

Sabe-se que o novo produto deve ser barato e oferecer mais funções que produtos semelhantes. Assim, o presente trabalho propõe que esta impressora seja do tipo plotter X-Y, com a utilização de tinta de emulsão acrílica, ou de cola UV para impressão por deposição de material. Desta forma, apresenta-se na Tabela 1, os requisitos baseados nas necessidades do usuário:

Tabela 1. Necessidades do Consumidor X Requisitos de Qualidade

Grau de Relacionamento (GR): Forte relacionamento (5) Médio relacionamento (3) Fraco relacionamento (1) Relacionamento nulo (-)				Requisitos de Qualidade											
				Peso limitado	Temperatura externa da carcaça	Inexistência de cantos vivos	Estabilidade do Aplicador de tinta	Nível de ruído	Controle de vibração	Conexão USB	Utilização de Radiação UV (lâmpada UV)	Chapa de aquecimento	Dimensões limitadas	Distribuição adequada dos compartimentos	Utilização de componentes já consolidados
Necessidades do Consumidor	Uso do Aparelho	Operação	Baixo aquecimento	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
			Baixo ruído	-	-	-	3	5	3	-	-	-	-	-	-
			Precisão	-	-	-	5	3	5	-	-	-	-	-	3
			Fácil abastecimento de tinta	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-
			Fácil higienização do bico	-	-	-	3	-	-	-	-	-	-	5	3
			Fácil conexão ao computador	3	-	-	-	-	-	5	-	-	1	-	-
			Rápido processo de secagem	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-	-
			Sistema de expansão da tinta	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	3	-
			Utilização intuitiva	-	-	-	-	-	-	5	3	3	-	5	-
	Transporte	Baixo peso	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-
		Fácil de pegar	5	3	-	-	-	-	-	-	-	-	5	3	-
		Pouco aquecido	-	5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Segurança	Evitar queimaduras	-	5	-	-	-	-	-	-	-	5	-	-	-
		Evitar lesões	3	5	5	-	-	-	-	-	-	5	3	-	-
	Aparência	Cor agradável	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3	-
		Forma agradável	-	-	5	-	-	-	-	-	-	1	-	5	-
	Aquisição	Baixo custo	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5

5. RESULTADOS

Tendo como referência os requisitos da Tabela 1, elaborou-se a seguinte proposta de produto:

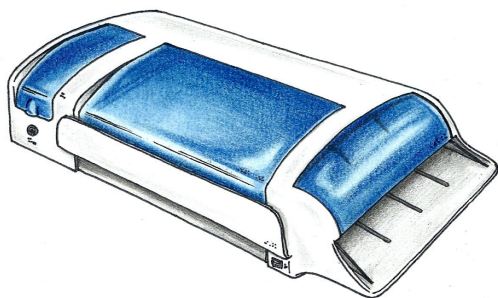


Figura 6. Aparência final do produto

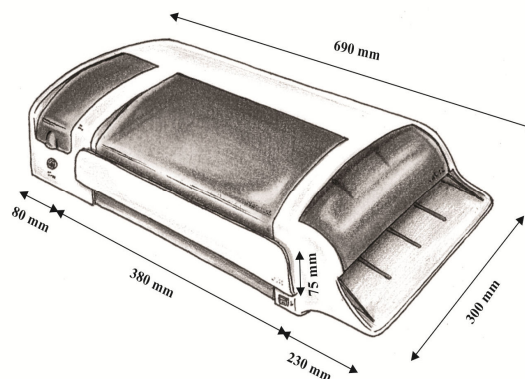


Figura 7. Dimensões básicas da impressora

A impressora de gráficos em alto-relevo possui entrada de papel em sentido paisagem pela parte frontal, após a finalização da impressão o papel é impulsionado por uma saída na lateral. Sua conexão ao computador é feita via porta USB, seguindo o padrão das demais impressoras existentes no mercado. Os três compartimentos superiores possuem tampas transparentes (Fig. 6) que permitem acompanhar o processo de impressão. Seu dimensionamento básico é de 69 cm de largura, 30 cm de profundidade e 15 cm de altura (Fig. 7).

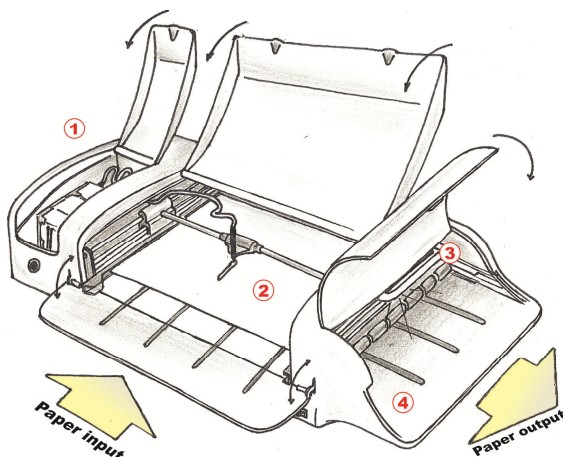


Figura 8. Distribuição dos compartimentos

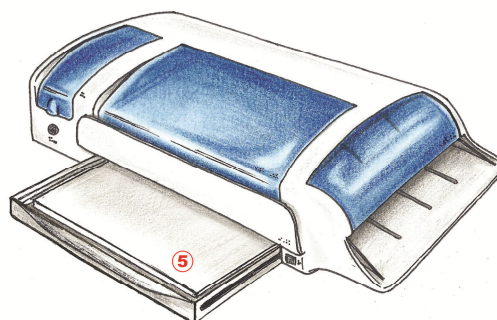


Figura 9. Gaveta com chapa de aquecimento para expansão

A Figura 8 mostra de forma mais clara os quatro compartimentos da impressora, onde:

- 1 – Compartimento para abastecimento de tinta;
- 2 – Área de impressão no sistema de plotter XY;

- 3 – Lâmpada UV na saída do papel para acelerar o processo de secagem da tinta;
- 4 – Área de saída de papel;
- 5 – Gaveta com chapa de aço para expansão da tinta após a impressão. O aquecimento da chapa é controlado por chave de acionamento e termostato a fim de evitar acidentes (Fig. 9).

6. CONCLUSÕES

Este projeto permitiu identificar o perfil de alunos cegos do Sistema de Educação Brasileiro, bem como, os métodos e materiais utilizados no ensino de gráficos para cegos em disciplinas que utilizam Matemática e Física. Também foi possível observar que nem sempre a solução que apresenta uso de tecnologia mais sofisticada se torna ideal em custo-benefício ou em funcionalidade, proposições de sistemas simples podem oferecer resultados imediatos e eficazes.

Com as visitas realizadas, percebeu-se que a impressora em alto-relevo confere maior autonomia às Instituições de Ensino em relação aos Centros de Adaptação de Materiais Didáticos na produção de gráficos táteis. E a este último, permitirá maior celeridade na produção e entrega de materiais adaptados. Assim como, permite que o próprio usuário cego passe a ter sua própria impressora de gráficos em alto-relevo acoplada ao seu computador pessoal ou profissional.

Este trabalho compreendeu as fases: conceitual e de planejamento de projeto de produto, ficando a sugestão do desenvolvimento das fases de engenharia de produto e engenharia de processos para um trabalho futuro. Permitindo assim, a construção de um protótipo para testes, apontamento de correções, processos de fabricação e montagem.

7. REFERÊNCIAS

- ALUTEI, A.M.; SZELITZKY, E.; MÂNDRU, D. Transient Thermal State of an Active Braille Matrix with Incorporated Thermal Actuators by Means of Finite Element Method. *Assistive Technology: The Official Journal of RESNA*, 2013, vol. 25, n. 1, p. 51-57.
- BAR-COHEN, Y. “Electroactive Polymers for Refreshable Braille Displays”, *International Society for Optics and Photonics – SPIE*, Newsroom, California, 2009. Disponível em: http://spie.org/documents/Newsroom/Imported/1738/1738_6236_0_2009-09-08.pdf. Acesso em: janeiro de 2013.
- BAXTER, M. *Projeto de Produto: Guia Prático para Design de Novos Produtos*, 3rd edition, Blucher, 2011, p. 26.
- CHO, H. & KIM, B.. “Development of a Braille display using piezoelectric linear Motors”, *SICE-ICASE International Joint Conference*, Bexco, Korea, p. 1917-1921.
- ESTORILIO, C., 2007. “QFD – Desdobramento da Função Qualidade”, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, Brazil, 2006.
- GAZETA DE MARINGÁ. “Uma Luz para a Matemática”, *Jornal Gazeta do Povo*, Londrina, Brazil, 2009. Disponível em: <http://www.gazetamaringa.com.br/online/conteudo.phtml?id=879373>. Acesso em: janeiro de 2013
- IBGE. “Censo Demográfico 2010: População Residente por Tipo de Deficiência”, Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2010.

INEP. “Censo da educação Básica 2012”, Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira, Brazil, 2012.

LOJAS WESSEL, Geoplano, *Catálogo de Produtos*, Brazil. Disponível em: <http://www.lojaswessel.com.br>. Acesso em: junho de 2013.

LOPES, A. *et al.* “O Estudo da Função Polinomial do 1º Grau: Diferenças entre Ver e Ouvir um Objeto de Aprendizagem na Inclusão de Sujeitos com Deficiência Visual em Sala de Aula”, *Novas Tecnologias na Educação, CINTED*, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2009, vol. 7, n. 3.

MACHADO, R. M. “Explorando o Geoplano”, *II Bienal da SBM*, Universidade Federal da Bahia, Brazil, 2004. Disponível em: <http://www.bienasbm.ufba.br/M11.pdf>. Acesso em: junho de 2013.

MEC. “Evolução da Educação Especial no Brasil”, Ministério da Educação, Secretaria de Educação Especial, 2009. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seesp/arquivos/pdf/brasil.pdf>. Acesso em: janeiro de 2013.

MORAES, M.B.S. *et al.* “Geoplano: Um Jogo Educacional Inteligente para o Ensino de Geometria Plana”, *X International Conference on Engineering and Technology Education - INTERTECH*, São Paulo, Brazil, 2008.

PEREIRA, M. C.; ROBERTO, W. J. R.; OLIVEIRA, F. I. W. “A Inclusão de Alunos Deficientes Visuais na Rede Pública de Ensino de Marília: Educação Infantil e Ensino Fundamental”, UNESP – Marília, SP, Brazil, 2004.

RASTOGI, R. & PAWLUK, D. “Dynamic Tactile Diagram Simplification on Refreshable Displays”, *Assistive Technology: The Official Journal of RESNA*, 2013, vol. 25, n.1, p. 31-38

REINCKE, T. “The Virtual Abacus Exhibition – 1/5 bead soroban from China”. *Typo Scriptics website*, 2005. Disponível em: <http://www.typoscriptics.de/soroban/exhibition/soro1.html>. Acesso em: maio de 2013.

RIFFEL, B.Y. “Tecnologia Assistiva para o Ensino de Gráficos a Pessoas com Deficiência Visual”, Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Mato Grosso, Trabalho de Conclusão do Curso de Especialização em Educação Profissionalizante e Tecnológica Inclusiva, Cuiabá – MT, Brazil, 2009.

VIEIRA, S.S. & SILVA, F.H. “Flexibilizando a Geometria na Educação Inclusiva dos Deficientes Visuais: Uma Proposta de Atividade”, Universidade Federal do Pará – UFPA, PA, Brazil, 2007.

YEH, F.H. & LIANG, S.H. “Mechanism design of the flapper actuator in Chinese Braille display”. *Physical Journal Sensors and Actuators A*, 2007, vol. 135, n. 2, p. 680-689.

YEH, F.H.; TSAY, H.S.; LIANG, S.H. “Human computer interface and optimized electro-mechanical design for Chinese Braille display”. *Mechanism and Machine Theory*, 2008, vol. 43, n. 12, p. 1495-1518.

YOBAS, L.; DURAND, D. M.; SKEBE, G. G.; LISY, F. J.; HUFF, M. A. “A novel integrable microvalve for refreshable Braille display system”. *Journal of Microelectromechanical Systems*, 2003, vol. 12, n. 3, p. 252-263.

WHO. “Global Data on Visual Impairments 2010”, World Health Organization, 2012. Disponível em: <http://www.who.int/blindness/GLOBALDATAFINALforweb.pdf>. Acesso em: janeiro de 2013.



GRAPHICS PRINTER FOR BLIND: AS AN EASIER WAY TO TEACH CONTENTS RELATED TO MATHEMATICS AND PHYSICS

Abstract: *Currently, the use of ICTs have been considered essential for the visually impaired without adequate access to the computer and other technologies. Such people can find obstacles to improve their education, leisure or acquire a place in the labor market. It is known that in school for the blinds, audiovisual resources are often used by institutions and eventually students with blindness or low vision can acquire a fragmented understanding of reality, reducing their interest and motivation. Thus, it becomes evident the importance use of material aid that not only virtual, since they require high effort these imaginary individuals. Thus, this paper proposes the development of a product that can assist in the production of educational materials for blind students, a printer graphics embossed, allowing the use of tactile exploration in learning physical and mathematical knowledge. Therefore, this work also provides subsidies for the inclusion of this group of students in regular schools, vocational and higher education.*

Key-words: *Visual Impairments, Assistive Technology, Inclusive Teaching, Printer Graphics for the Blind*