

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DE SÃO PAULO

MESTRADO EM ENGENHARIA BIOMEDICA

RODRIGO LUIZ ARAUJO DA SILVA

**PLATAFORMA DESTINADA AOS DEFICIENTES VISUAIS PARA GERAÇÃO E
DIGITALIZAÇÃO DE IMAGENS**

São Paulo

2015

RODRIGO LUIZ ARAUJO DA SILVA

**PLATAFORMA DESTINADA AOS DEFICIENTES VISUAIS PARA GERAÇÃO E
DIGITALIZAÇÃO DE IMAGENS**

Dissertação apresenta à banca examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica sob a orientação da Professora Doutora Annie France Frère Slaets.

São Paulo

2015

RODRIGO LUIZ ARAUJO DA SILVA

**PLATAFORMA DESTINADA AOS DEFICIENTES VISUAIS PARA GERAÇÃO E
DIGITALIZAÇÃO DE IMAGENS**

Dissertação apresenta à banca examinadora da Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, como exigência parcial para a obtenção do título de Mestre em Engenharia Biomédica sob a orientação da Professora Doutora Annie France Frère Slaets.

Aprovada em _____ de _____ de _____.

BANCA EXAMINADORA:

Nome do Professor

Nome do Professor

Nome do Professor

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a minha família, aos amigos, que além de ter acompanhado durante todo o curso, compartilham os momentos de tristezas e também de alegrias, nesta etapa em que, com a graça de Deus, está sendo vencida.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela força, saúde e a inspiração.

A minha orientadora Dra. Annie France Frere Slaets e aos professores que participaram ativamente das reuniões e discussões do grupo de pesquisa e também a professora Dra. Ana Lúcia Manrique.

Aos professores Dr. Ely Antônio Tadeu Dirani e Dr. Luiz Carlos de Campos pelo incentivo no desenvolvimento deste projeto e por despertar interesse na área de Tecnologia Assistiva.

Agradecemos a Capes/INEP pelo apoio financeiro.

A esta universidade, ao corpo docente, direção e administração que oportunizaram a janela que hoje vislumbro um horizonte superior, eivado pela acendrada confiança no mérito e ética aqui presentes.

Aos amigos e principalmente a família pela motivação, paciência, compreensão e amor.

EPIGRAFE

“Que os vossos esforços desafiem as impossibilidades, lembrai-vos de que as grandes coisas do homem foram conquistadas do que parecia impossível.”

Charles Chaplin

RESUMO

Atualmente vários dispositivos disponibilizam meios de transmitir informação para pessoas com deficiência visual através de áudio. Porém, se a interpretação de textos esta resolvida, poucos são os sistemas para interpretação e geração de gráficos ou símbolos realmente funcionais. Este trabalho apresenta uma plataforma desenvolvida para gerar e digitalizar imagens no computador, podendo ser utilizada por pessoas com deficiência visual. O dispositivo é constituído por um hardware, uma placa de circuito impresso contendo uma matriz de eletrodos. Cada eletrodo corresponde a um pixel, em analogia aos pontos em um display. Além do hardware, foram desenvolvidos dois programas o primeiro, instalado no computador analisa e gera a imagen, o outro é gravado no microcontrolador e comanda a placa de eletrodos para varredura de pixel a pixel. Quando é posicionado um objeto com base condutora na plataforma, o sistema verifica quais eletrodos estão com o contato fechado e registra esses pontos desenho. Essa informação é processada por um software dedicado instalado no computador, que analisa a informação recebida, gera o desenho e o reproduza na tela do computador. O dispositivo foi testado com aplicações de formas geométricas utilizadas nas aulas de matemática e com formas geométricas para construção de um fluxograma. O dispositivo é uma proposta de ferramenta de tecnologia assistiva que poderá auxiliar a gerar imagens de objetos, fluxogramas e diagramas de uma forma simples e acessível a pessoas com baixa visão, facilitando o entendimento além de gerar riqueza de detalhes na informação apresentada.

Palavras-chave: Tecnologia Assistiva. Deficiente visual. Digitalização de Imagem.

ABSTRACT

Currently multiple devices provide means of conveying information to the visually impaired through audio. However, if the interpretation of texts this resolved, there are few systems for interpretation and generation of graphics or symbols really functional. This paper presents a platform developed to generate and scan images on the computer and can be used by people with visual impairments. The device comprises hardware, a printed circuit board having an electrode array. Each electrode corresponds to a pixel, in analogy to the points on a display. In addition to the hardware, two programs were developed first, installed on computer analyzes and generates the image, the other is recorded in microcontroller and controls the electrode plate for pixel scan the pixel. When an object is positioned conductive based on the platform, the system checks which electrodes are with the closed contact and records these design points. This information is processed by dedicated software installed on your computer, which analyzes the information received, generates the design and the play on the computer screen. The device has been tested with applications of geometric shapes used in math classes and geometric shapes to build a flowchart. The device is a proposal for assistive technology tool that can help generate images of objects, flowcharts and diagrams in a simple and accessible way to people with low vision, facilitating the understanding and generate a wealth of detail in the information presented.

Keywords: Assistive Technology, picture scanning. Visually impaired

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Display Braille com pinos mecânicos.....	18
Figura 2: Imagem do Traçador Gráfico Educacional.....	19
Figura 3: Desenho esquemático do VTD - Virtual Tactile Display.....	20
Figura 4: Esquema da ligação elétrica do VTD a um computador.	20
Figura 5: Imagem do Talking Tactile Tablet acoplado a um computador portátil.....	21
Figura 6: Imagem do arquivo hexadecimal com a linha do arquivo de imagem totalmente preenchido em destaque.....	24
Figura 7: Imagem do arquivo hexadecimal com a linha do arquivo de imagem em branco no destaque.....	25
Figura 8: Microprocesador.....	26
Figura 9: Esquema de ligação Max232	27
Figura 10: Amplificador Operacional.	28
Figura 11: Fluxo de funcionamento.	30
Figura 12: Imagem da Plataforma de Digitalização.	31
Figura 13: Esquema de conexão dos MUX.....	32
Figura 14: Esquema de ligação elétrica do amplificador operacional trabalhando como comparador.	33
Figura 15: Imagem dos eletrodos da Plataforma de Digitalização	34
Figura 16: Esquema de Ligação do Microprocessador.....	35
Figura 17: Fluxograma do software	36
Figura 18: Imagem da tela do aplicativo no computador, mostrando a figura de um triângulo que está implementada na placa e os botões “Atualizar imagem” e “Conectar”.....	37
Figura 19: Objetos com diferentes formatos geométricos utilizados para avaliar a reprodutibilidade destas formas pelo contato com a plataforma de digitalização desenvolvida.....	38
Figura 20: Imagem do arquivo hexadecimal do arquivo bitmap com ponto 1x1 preenchido	40
Figura 21: Imagem da tela do aplicativo no computador com o ponto 1x1 preenchido de cor preta pelo software	41

Figura 22: Imagem do arquivo hexadecimal do arquivo bitmap com a linha 1 preenchida	41
Figura 23: Imagem mostrando as figuras geométricas sobre a plataforma e a imagem gerada na tela do computador.....	42
Figura 24: Imagem mostrando as figuras geométricas sobre a plataforma e a imagem gerada na tela do computador.....	43
Figura 25: – Imagem mostrando as figuras geométricas sobre a plataforma e a imagem gerada na tela do computador.....	43
Figura 26: Imagem gerada a partir de uma peça colocada sobre a plataforma, onde é possível observar descontinuidades no traçado do objeto.....	45
Figura 27: Mesma imagem anterior gerada a partir de modificações no software de aquisição de imagens desenvolvido	46
Figura 28: Quadrados e retângulos com imagens melhoradas pelo software ..	46
Figura 29: Digitalização de formas geométricas para utilização em ambiente escolar.....	47
Figura 30: Opções de formas de um fluxograma	48
Figura 31: Exemplo de fluxograma.....	49
Figura 32: Exemplo de fluxograma digitalizado a partir da plataforma desenvolvida.....	49

LISTA DE TABELAS E GRAFICOS

Tabela 1: DISTRIBUIÇÃO DE TIPOS DE DEFICIENCIA NA POPULAÇÃO BRASILEIRA.....	12
Tabela 2: Tamanho Real das Peças x Numero de Pixels.....	45
Gráfico 1: Motivos para as Empresas contratarem pessoas com deficiência.....	14

LISTA DE SIGLAS

ABRH- Associação Brasileira de Recursos Humanos

CAPES - Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior.

CAT – Comitê de Ajudas Técnicas.

CMOS - Complementary Metal-Oxide Semiconductor.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística.

INEP - Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira

Nied - Núcleo de Informática Aplicada à Educação.

PcD – Pessoa com deficiência

SNPD – Secretaria Nacional de Promoção das Pessoas com Deficiência.

SDHPR – Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da Republica

TTL - Transistor-Transistor Logic.

VTD - Virtual Tactile Display

VOIP - Voice over Internet Protocol

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	12
1.1 CONCEITOS INICIAIS.....	12
1.2 JUSTIFICATIVA.....	14
1.3 MOTIVAÇÃO.....	16
1.4 OBJETIVO.....	17
1.5 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO.....	17
2. ESTADO DA ARTE.....	18
3. MATERIAL.....	23
3.1 ARQUIVO BITMAP.....	23
3.2 MICROCONTROLADOR.....	25
3.3 MAX232.....	26
3.4 AMPLIFICADORES OPERACIONAIS.....	27
3.5 MULTIPLEXADORES E DEMULTIPLEXADORES.....	28
4. METODO.....	30
4.1 PROJETO DO DISPOSITIVO.....	30
4.2 IMPLEMENTAÇÃO DO HADWARE.....	31
4.3 IMPLEMENTAÇÃO DE SOFTWARE.....	35
4.4 TESTES DO SOFTWARE E HARDWARE.....	37
4.5 AVALIAÇÃO DA SENSIBILIDADE.....	38
4.6 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO.....	39
5. RESULTADOS.....	40
5.1 RESULTADOS DOS TESTES DO SOFTWARE.....	40
5.2 RESULTADOS DOS TESTES DO HARDWARE.....	42
5.3 RESULTADOS DOS TESTES DE SENSIBILIDADE.....	43
5.4 RESULTADOS DA AVALIAÇÃO DO DISPOSITIVO.....	45
5.5 AVALIAÇÃO NO AMBIENTE ESCOLAR.....	47
5.6 CRIAÇÃO DE FLUXOGRAMA.....	48
6 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO.....	51
REFERENCIAS.....	52

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONCEITOS INICIAIS

Segundo Censo de 2010 do IBGE, no Brasil vive cerca de 45,6 milhões de pessoas portadoras de deficiência. Essas pessoas são excluídas do convívio social devido suas limitações. Porém esta exclusão pode ser minimizada com o auxílio de recursos, seja disponibilizando calçadas rebaixadas para facilitar a locomoção de cadeirantes, desenvolvendo dispositivos que utilizam a linguagem dos sinais para se comunicar com deficientes auditivos, instalando pisos táteis que auxiliem a locomoção dos deficientes visuais entre outros.

O resultado do Censo que foi efetuado em 2010, mas divulgado somente em 2012 apontou que a deficiência visual é a que mais atinge aos homens e mulheres, um total de 35 milhões de pessoas (Tabela 1).

TABELA 1 - DISTRIBUIÇÃO DE TIPOS DE DEFICIENCIA NA POPULAÇÃO BRASILEIRA

Deficiência	Milhões
Visual	35
Motora	13,3
Auditiva	9,7
Mental	2,6

Fonte: IBGE (2012)

Do total de pessoas que possuem deficiência 1,6% é totalmente cega, essa porcentagem representa cerca de 730 mil pessoas só no Brasil. Dessa maneira, na vida diária, milhões de pessoas com deficiência visual precisam de alguma forma de auxílio para estudar, trabalhar ou se divertir.

A utilização de tecnologia assistiva é uma opção eficaz para pessoas com limitações, além de auxiliar no processo de inclusão (FRANÇANI, et al. 2009). Já há muitos anos pesquisadores vêm buscando através do desenvolvimento de novas tecnologias, incluir socialmente pessoas com deficiências visuais, motoras e intelectuais, entre outras, principalmente estudando como fazer essas pessoas superarem suas deficiências com eficiência e custos baixos.

O Ministério da Saúde estabeleceu através do Decreto nº 5.296/2004 o Comitê de Ajudas Técnicas vinculado à Secretaria Nacional de Promoção das Pessoas com Deficiência (SNPD), órgão da Secretaria de Direitos Humanos da Presidência da República (SDHPR), para melhorar e dar legitimidade ao desenvolvimento da tecnologia assistiva no Brasil. A tecnologia assistiva engloba os recursos para reabilitação de pessoas deficientes, minimizando alguns problemas sociais e com isso despertando interesse de órgãos governamentais. Projetos e equipamentos na área de tecnologia assistiva proporcionam a pessoas portadoras de deficiências, o acesso ao mercado de trabalho, às escolas e universidades, ao lazer (como navegar em web sites), à locomoção, etc., ou seja, permitem um desenvolvimento maior de suas habilidades, mantendo e aumentando suas capacidades funcionais, com o objetivo de proporcionar independência, autonomia em suas atividades e inclusão social.

Seguem alguns objetivos do Comitê de Ajudas Técnicas (BRASIL. SDHPR, 2011):

I - Propor, acompanhar e avaliar as políticas públicas no que se referem às ajudas técnicas;

II - Definir e estabelecer princípios e critérios para o desenvolvimento e avaliação de ações referentes às ajudas técnicas desenvolvidas pela Secretaria Especial dos Direitos Humanos/Coordenadoria Nacional para a Integração da Pessoa Portadora de Deficiência;

III - Elaborar, executar e avaliar o Plano de Ação do Comitê de Ajudas Técnicas e acompanhar a sua realização;

IV - Apresentar propostas de políticas governamentais e parcerias entre a sociedade civil e órgãos públicos referentes às ajudas técnicas;

V - Propor e dar parecer sobre projetos de lei que estejam em tramitação, bem como apresentar sugestões de novas propostas legislativas sobre o tema;

VI - Propor e orientar a detecção dos centros regionais de referência em ajudas técnicas, objetivando a formação de rede nacional integrada;

VII - Propor e orientar o levantamento dos recursos humanos que atualmente trabalham com o tema;

VIII - Estimular nas esferas federal, estaduais e municipais, a criação de Centros de referência em ajudas técnicas;

IX - Promover a inserção de conteúdos curriculares referentes à área de ajudas técnicas, em cursos da educação profissional, tecnológica, educação superior;

X - Propor ações de formação de recursos humanos na área de ajudas técnicas;

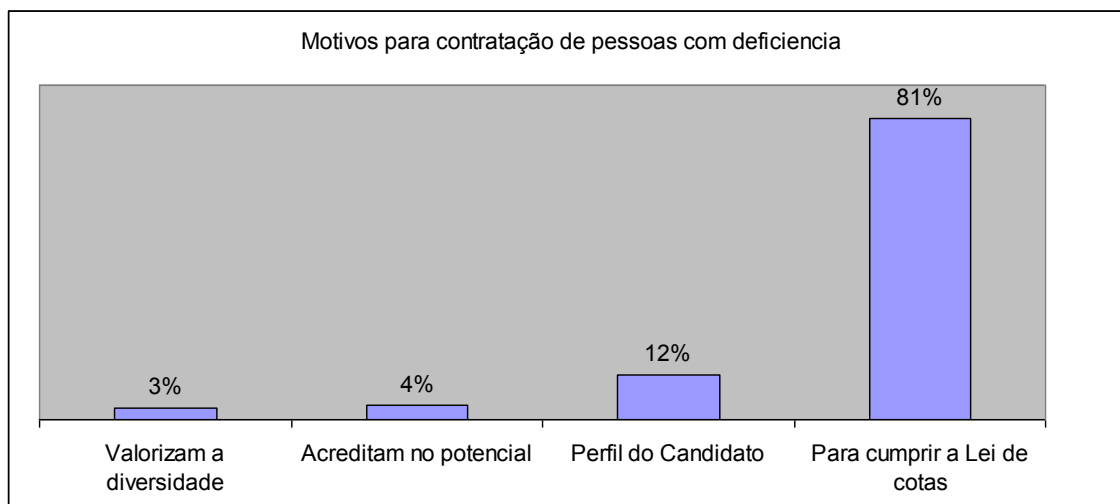
XI - Estruturar as diretrizes da área de conhecimento de ajudas técnicas, estabelecendo suas competências.

1.2 JUSTIFICATIVA.

Atualmente, o tema inclusão é de suma importância nos ambientes familiares, escolares, espaços de lazer e mercado de trabalho (AMIRALIAN, 2009). Para viabilizar o processo de inclusão é necessário disponibilizar recursos e dispositivos para melhorar ou possibilitar a execução de alguma atividade profissional, tornando a pessoa com deficiência visual autossuficiente, produtiva e lucrativa (YEH, 2014).

Ações governamentais auxiliam o processo de inclusão, como a Lei Nº 8.213/91 que define que as empresas com mais de 100 funcionários devem destinar de 2% a 5% dos seus cargos para pessoas portadoras de deficiência. Até 200 funcionários, são 2%; de 201 a 500 funcionários, 3%; de 501 a 1000 funcionários, 4%; e de 1.001 em diante, 5%. Mas mesmo com essa legislação vigente desde 1991, ainda é necessária uma maior conscientização, pois recentes pesquisas feitas pela I. Social, que é uma consultoria com foco na inclusão social e econômica de pessoas portadoras de deficiência, com o apoio da Associação Brasileira de Recursos Humanos (ABRH) e a empresa de recursos humanos CATHO, mostram que, a obrigação do cumprimento da lei ainda é o principal motivo para a contratação de pessoas com deficiência (Gráfico 1). Ou seja, esta pequena parcela que hoje esta empregada estaria excluída de suas atividades profissionais se não for obrigatoriedade legal. Portanto disponibilizar recursos que auxiliem os deficientes a exercer atividades profissionais pode ajudar a reverter este quadro de exclusão e preconceito.

Gráfico 1 - Motivos para as Empresas contratarem pessoas com deficiência.



Fonte: www.isocial.com.br (2014)

A Plataforma de Digitalização objeto desta dissertação pretende ser uma ferramenta que possibilitará ao usuário gerar uma imagem de um objeto físico e salvá-lo no computador. A plataforma foi desenvolvida no âmbito do projeto de pesquisa: “Desafios para a Educação Inclusiva: pensando a Formação de Professores sobre os Processos de Domínio da Matemática nas Séries Iniciais da Educação Básica” aprovada pelo INEP/CAPES no Edital n. 38/10 – Observatório da Educação, sob coordenação geral da Profa. Dra. Ana Lúcia Manrique, do Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática da PUC-SP. O projeto investigava o desenvolvimento do aluno deficiente mediante o trabalho pedagógico adotado pelo professor, bem como as possibilidades de aprendizagem destes alunos. Além disso, proporciona aos professores da rede pública de ensino e aos alunos de licenciatura em Matemática e Pedagogia, meios de experimentar e desenvolver técnicas e tecnologias adequadas ao ensino de matemática para alunos deficientes. Parte do dispositivo implementado para esta dissertação é um dos produtos deste projeto de pesquisa.

1.3 MOTIVAÇÃO

A imersão das pessoas com deficiências (PcDs) no mercado de trabalho é foco de diversos trabalhos de pesquisa, devido envolver um significativo numero de pessoas, que representam importante parcela da sociedade (FREITAS; MARQUES, 2010). Políticas regulamentam e obrigam as empresas a incluir nos seus quadros de funcionários pessoas portadoras de deficiência, por tanto é relevante disponibilizar recursos que ajudem a tornar essas pessoas mais produtivas. Entretanto as particularidades de cada tipo de deficiência, assim como a gama de atividades possíveis para cada tipo ou grau de deficiência, gera a necessidade de recursos específicos para cada tipo de atividade a ser exercida. Essas especificidades tornam os dispositivos existentes caros, como o dispositivo BrailleNote Apex BT 32 Braille Notertaker da empresa Humanware que custa em torno de cinco mil dólares.

Atualmente o desenvolvimento de recursos tecnológicos, visa na maioria dos casos facilitarem a execução de algumas atividades para pessoal sem deficiências, porém recursos tecnológicos que atendam pessoas com deficiência não só facilitariam, mas possibilitariam que o deficiente exerça alguma atividade especifica. Ferramentas desenvolvidas para deficientes visuais como o software Matraca (DA COSTA, et. al, 2006) são focadas para suprir a falta de visão, porém não são recursos agradáveis para pessoas sem deficiências.

De maneira geral a utilização de gráficos e figuras na comunicação é muito importante, pois facilita o entendimento além de gerar riqueza de detalhes na informação apresentada. Na área de educação matemática não se concebe ensinar geometria sem o auxílio de figuras (MANRIQUE; et al. 2002), disponibilizar recursos que possam ser utilizados por pessoas com e sem deficiência favorece o aprendizado coletivo (MANRIQUE; FERREIRA, 2010). Dispositivos como o Traçador Gráfico Educacional (ABREL; GARCIAL, 2005) ou o Virtual Tactile Display (MAUCHER, et. al; 2001) e até o Talking Tactile Tablet (LANDAL, 2001) que tem como finalidade disponibilizar uma forma do deficiente visual perceber através do tato forma geométricas, desenhos ou gráficos, entretanto não possibilita a geração de imagens ou figuras.

Na área de projetos de informática ou engenharia, a incapacidade de construir um diagrama para apresentação ao cliente torna o deficiente visual um profissional incompleto (METATLA, et al. 2006). Sistema que auxiliam deficientes visuais a

exercer algumas atividades profissionais, como proposto por YEH, et al. (2014) limita a utilização apenas pelos deficientes visuais.

1.4 OBJETIVO

Desenvolver um dispositivo que permita gerar a imagem de um objeto e digitaliza-lo para apresentação, com o intuito de ser utilizado por pessoas com deficiência visual.

1.5 ORGANIZAÇÃO DA DISSERTAÇÃO

No segundo capítulo é descrito o estado da arte, onde são detalhados alguns estudos que referenciam o tema abordado nesta dissertação.

No terceiro capítulo são resumidas as teorias associada ao material utilizado para viabilizar o projeto.

No quarto capítulo são descritos os métodos para implementação do dispositivo.

No quinto capítulo são apresentados os resultados parciais após testes de funcionalidade.

No sexto capítulo é efetuada a discussão e conclusão do projeto.

2 ESTADO DA ARTE

Alguns softwares como o DOSVOX ou o JAWS via comando de voz, estabelecem uma comunicação sonora entre o computador e o deficiente visual, ou efetuam a tradução textos em Braille ou em áudio. Um dispositivo existente no mercado, BrailleNote Apex BT 32 Braille Notetaker da empresa Humanware (FIGURA 1), é focado em leitura de texto e mostra uma linha de texto por vez, escrita em braille com pinos mecânicos.

Figura 1 - Display Braille com pinos mecânicos



Fonte: Empresa Humanware, 2014.

Existem varias pesquisas sobre dispositivos que disponibilizam meios de transmitir informação para pessoas com deficiência visual (POWER; JURGENSEN H, 2010), seja através de áudio, toque na disponibilização de documentos táteis, que utilizam computadores para gerar áudio dos conteúdos textuais (DA COSTA; et al, 2006) e geram uma possibilidade de interação e possibilita pessoas deficientes visuais acessarem algumas funções do computador, ouvir a narração de um texto ou efetuar a leitura por displays.

O RoboBraille inventado por Lars Ballieu Christensen e Svend Thougard (CRISTENSEN, 2006) é um serviço oferecido gratuitamente a pessoas com deficiência visual e funciona a partir da web. O usuário escreve um texto e cadastra um e-mail e envia para o e-mail do usuário o texto que deseja converter para Braille

ou áudio. O serviço faz a conversão e o usuário recebe a tradução que pode ser ouvida, enviada a uma impressora Braille ou um display tátil.

Porém, se a interpretação de textos esta resolvida, poucos são os sistemas para interpretação e geração de gráficos ou símbolos realmente funcionais.

Alguns pesquisadores estão procurando uma solução seja pesquisando a sensibilidade no tato para diversos tipos de textura e analisando a percepção do usuário, (IKEI, et. al; 1997) ou desenvolvendo dispositivos para geração de desenhos impressos, como o Traçador Gráfico Educacional (FIGURA 2) desenvolvido no Núcleo de Informática Aplicada à Educação- Nied da Unicamp. (ABREU; GARCIA, 2005).

Figura 2 – Imagem do Traçador Gráfico Educacional

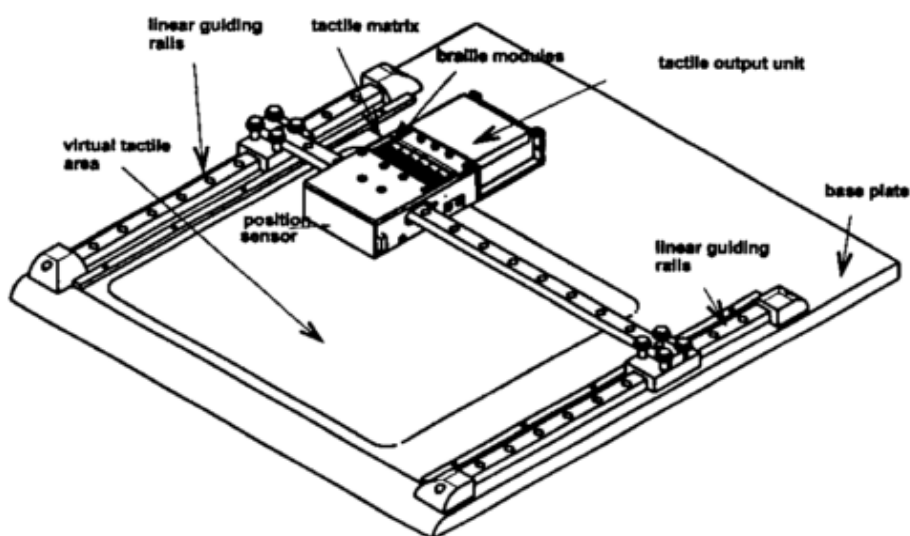


Fonte: ABREU; GARCIA, 2005.

O dispositivo consiste de um sistema eletromecânico com dois motores de passo que são conectados ao computador através de uma interface eletrônica. Com o traçador conectado ao computador e executando o programa SuperLogo, é possível reproduzir no papel o desenho que está sendo produzido na tela do computador. Uma régua se desloca nos eixos X e Y e um dispositivo marcador em formato de uma caneta produz uma marca em relevo no papel, que é facilmente percebida pelo deficiente visual. O papel utilizado é sulfite com gramatura 120, ou seja, um papel 3 vezes mais pesado que o comum. É utilizado o acrílico para a proteção dos equipamentos com extremidades boleadas, para impedir que os deficientes visuais tenham contato e se machuquem.

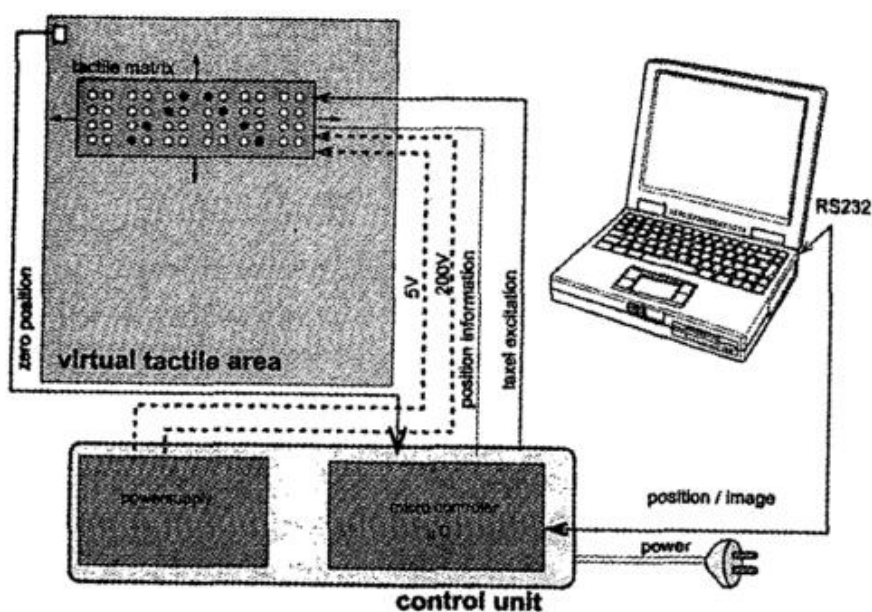
Outro exemplo de dispositivo para deficientes visuais trabalharem com imagem é o VTD - Virtual Tactile Display (FIGURA 3 e 4), que é um display tátil que utiliza atuadores piezoelétricos, que permite converter a imagem captada por uma câmera em relevo, para que o deficiente visual consiga identificar através da modificação do relevo as formas do desenho. (MAUCHER, et. Al; 2001).

Figura 3 – Desenho esquemático do VTD - Virtual Tactile Display



Fonte: Maucher, et al. 2001

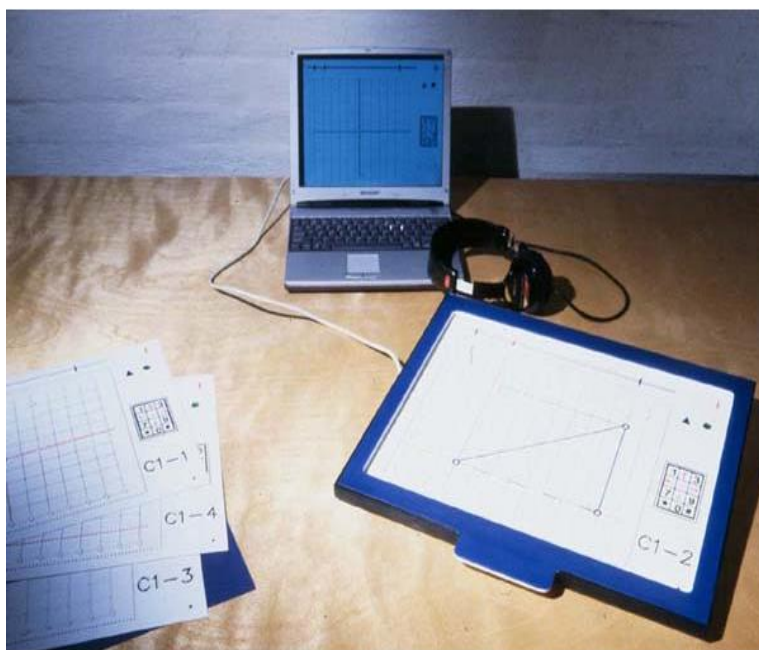
Figura 4 – Esquema da ligação elétrica do VTD a um computador



Fonte: Maucher, et al. 2001

Uma opção para identificação gráficos táteis é combinar a saída de áudio com imagens para auxiliar na navegação e compreensão. Este processo é normalmente realizado através de uma impressão estática sendo colocada sobre uma superfície sensível ao toque que transmite a posição do dedo a um computador para reproduzir sons associados. Estes sistemas têm a vantagem de serem capazes de comunicar tanto nos sons da fala para o leitor, em conjugação com a exploração tátil. Exemplo é o Talking Tactile Tablet(Landau, 2001) desenvolvido pela empresa Touch Graphics (FIGURA 5).

Figura 5 – Imagem do Talking Tactile Tablet acoplado a um computador portátil



Fonte: Landau, 2001

Outra opção de identificação de imagem é o DBES – Display Braille por estimulação sonora. Foi desenvolvido um protótipo que contém hardware, software para tratar as imagens e um firmware para controlar a placa de eletrodos. Essa placa, formada por um conjunto de eletrodos é de forma análoga ao que se tem como definição de imagem (pixel) em uma tela convencional, ou seja, cada eletrodo equivale a um pixel. Quando o usuário passa o dedo sobre a superfície da placa, os eletrodos que correspondem a pixels da imagem irão transmitir um som. Como o deficiente visual tem uma boa percepção auditiva, esse tipo de percepção será utilizado para fazer a varredura da imagem. Além disso, o ponteiro do mouse do

sistema operacional se posicionará no ponto onde está sendo tocado na placa, para que professora ou orientador do usuário possa visualizar onde o dedo está e assim orientá-lo a encontrar os pontos da imagem. (CARDOZO, et. al; 2011)

Alguns trabalhos já são direcionados para atividades profissionais específicas, como atendimento telefônico, onde é integrado um sistema de síntese de voz, linhas de leitura do sistema braile e tecnologia VOIP para possibilitar que a atividade seja exercida por pessoas portadoras de deficiência visual (YEH, 2014), este sistema fica restrito a deficientes visuais que sabem ler no sistema braile.

3. MATERIAL

3.1 ARQUIVO BITMAP

O formato de arquivo utilizado foi o bitmap para os arquivos de imagens manipulados, pois é um formato de arquivo de imagens muito utilizado academicamente, simples mais atende as necessidades do projeto. O formato bitmap, desenvolvido em conjunto pela Microsoft e pela IBM, é um formato que foi criado para ser usado pelos sistemas operacionais Windows e OS/2. (OLIVEIRA, 2000) Um arquivo bitmap é um arquivo de imagens gráficas que armazena pixels, com a possibilidade de gerenciar cores, seja em cor verdadeira ou através de uma paleta enumerada. O arquivo bitmap é formado pela seguinte estrutura:

- Cabeçalho do arquivo: fornece informações sobre o tipo de arquivo, seu tamanho codificado em 4 bytes e onde começam as informações sobre a imagem, ou seja, 4 bytes para indicar o endereço relativo ao começo da imagem em relação ao início do arquivo.
- Cabeçalho do mapa de bits: fornece informações sobre a dimensão do mapa de bits em 4 bytes, largura da imagem em 4 bytes, altura da imagem em 4 bytes, número de planos em 2 bytes, codificação da cor em 2 bytes, tipo de compressão em 4 bytes, dimensão total da imagem em 4 bytes, resolução horizontal em 4 bytes, resolução vertical em 4 bytes, número de cores da paleta em 4 bytes e o número de cores importantes da paleta em 4 bytes.
- Paleta de cores: somente é utilizada para arquivos de imagens que usam 16 ou 256 cores, ou seja, é opcional.
- Dados da imagem: são os bits correspondentes a cada pixel, linha por linha, começando pelo pixel inferior à esquerda. As imagens monocromáticas utilizam 1 bit por pixel, as imagens em 16 cores utilizam 4 bits por pixel, as imagens em 256 cores utilizam 8 bits por pixel, as imagens em cores reais utilizam 24 bits por pixel. Como foi utilizada imagens em 2 cores, foi codificado 8 pixels por um byte.

Cada linha da imagem deve tolerar um número total de bytes que seja múltiplo de 4. Se não for o caso, a linha deve ser completada com 0 de maneira a respeitar esse critério. Por isso foi definida uma matriz de 40x56, para facilitar o

tratamento do bitmap. Segue a leitura em hexadecimal do arquivo bitmap monocromática, em branco (FIGURA 6) e totalmente preenchida (FIGURA 7).

Figura 6 – Imagem do arquivo hexadecimal com a linha do arquivo de imagem totalmente preenchido em destaque

Address	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f
00000000	42	4d	fe	01	00	00	00	00	00	00	3e	00	00	00	28	00
00000010	00	00	28	00	00	00	38	00	00	00	01	00	01	00	00	00
00000020	00	00	c0	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00000030	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	ff	ff	ff	00	00	00
00000040	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00000050	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00000060	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00000070	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00000080	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00000090	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
000000a0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
000000b0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
000000c0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
000000d0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
000000e0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
000000f0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00000100	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00000110	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00000120	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00000130	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00

Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

Figura 7 - Imagem do arquivo hexadecimal com a linha do arquivo de imagem em branco no destaque

Address	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f
00000000	42	4d	fe	01	00	00	00	00	00	00	3e	00	00	00	28	00
00000010	00	00	28	00	00	00	38	00	00	00	01	00	01	00	00	00
00000020	00	00	c0	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00000030	b0	00	00	00	00	00	00	00	00	00	ff	ff	ff	00	ff	ff
00000040	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000050	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000060	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000070	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000080	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000090	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
000000a0	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
000000b0	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
000000c0	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
000000d0	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
000000e0	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
000000f0	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000100	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000110	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000120	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000130	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff

Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

3.2 MICROCONTROLADOR

Foi utilizado o microcontrolador PIC18F4550(FIGURA 8) para compor o sistema eletrônico que possibilita o uso de um cartão de memória. O microcontrolador possui conexão USB, 40 pinos, 35 I/O, memória flash de 32 Kbytes, memória RAM 2048 bytes, memória EEPROM 256 bytes. Também possui 13 entradas analógicas com resolução de 10 bits, uma entrada UART (entrada serial), 1 timer de 8 bits e 3 timers de 16 bits. Ele permite um clock de até 48MHZ que pode ser usado para um possível aumento da matriz de eletrodos. Ao analisar a memória, quantidade de pinos, velocidade e periféricos desse microcontrolador, foi constatado que atendem a aplicação do projeto. Para a programação do microcontrolador foi utilizada a linguagem de programação C.

Figura 8 – Imagem do Microprocessador PIC18455-I/P



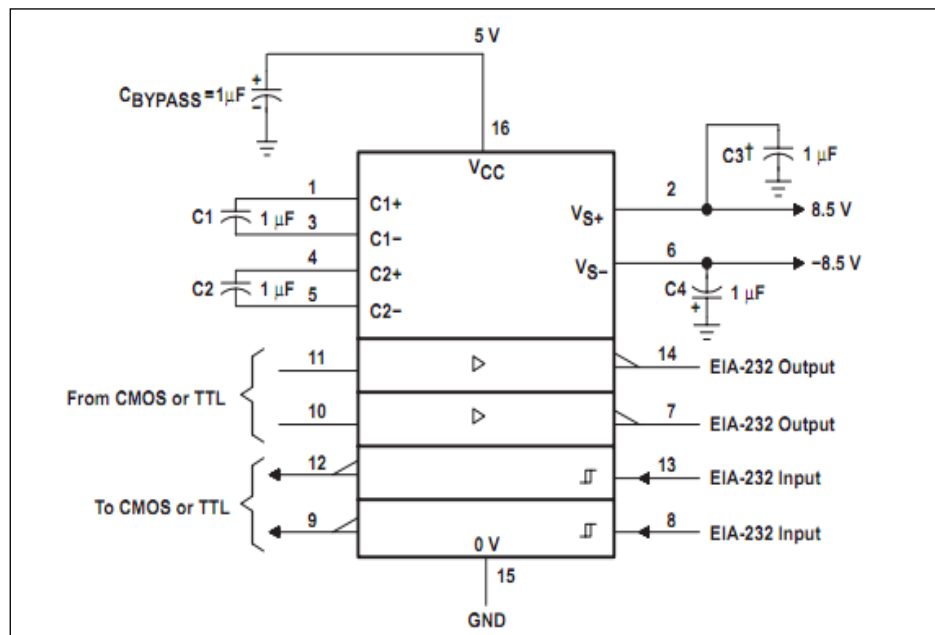
Fonte: Microchip

3.3 MAX232

Foi utilizado MAX232, um conversor de nível de tensão que, ao receber a tensão do RS232 (porta serial) de +12V ou -12V converte esse nível em um sinal de 5V ou 3.3V TTL para que os microcontroladores ou microprocessadores possam ser usados. Com isso isola os equipamentos um do outro e padroniza as tensões dos equipamentos.

O MAX232 é um emissor/receptor duplo que possui um circuito capacitivo gerador de tensão fornecendo o padrão TIA/EIA-232-F de nível de tensão a partir da alimentação de 5V. Cada receptor converte a entrada TIA/EIA-232-F para 5V-TTL/CMOS e cada emissor converte os níveis de entrada TTL/CMOS em níveis TIA/EIA-232-F. Os receptores possuem limiar de 1.3V, histerese de 0,5V e a alimentação de entrada pode ser +30V ou -30V. A figura 9 represente o esquema de ligação do componente:

Figura 9 - Esquema de ligação do dispositivo emissor/receptor Max232



Fonte: Texas Instruments

3.4 AMPLIFICADORES OPERACIONAIS

Como o projeto necessita de um circuito comparador de tensões para tratar o valor de tensão nos eletrodos e adequar ao valor lógico utilizado pelo micro controlador, foi definido o amplificador operacional OP07 para este objetivo, pois além de ser um componente muito comum no mercado, ele atende a todas as especificações requeridas no projeto.

Quando o amplificador operacional é usado com a configuração de amplificador com um ganho infinito, ele pode agir como um comparador de tensões, em que o valor de tensão da saída depende dos valores de tensões aplicadas às entradas inversoras e não inversoras do dispositivo. Nesse modo de operação o valor de tensão na saída do dispositivo varia entre apenas dois valores, zero se a tensão na entrada inversora for maior que a não inversora e 5 Volts (tensão de alimentação) se a tensão na entrada não inversora for maior que a inversora.

Amplificadores operacionais (FIGURA 10) são dispositivos que podem ser empregados em diversas aplicações. As mais comuns são os circuitos integradores, derivadores, somadores e amplificadores. O dispositivo é composto basicamente por pinos de alimentação, uma entrada inversora (-), uma entrada não inversora (+) e o

pino de saída. Devido à sua grande versatilidade, é amplamente utilizado em diversos campos da eletrônica.

Figura 10 – Imagem do Amplificador Operacional



Fonte: Texas Instruments

3.5 MULTIPLEXADORES E DEMULTIPLEXADORES

Para selecionar a entrada que deve transmitir para a saída, é utilizado através dos pinos de seleção da porta, o código em binário correspondente à entrada desejada. Para que o valor do pino de entrada apareça na saída selecionada através do código em binário é utilizado um Multiplexador, pois é necessário ler uma quantidade muito grande de eletrodos e não seria economicamente viável disponibilizar um pino do microcontrolador para cada eletrodo. Para o projeto foi utilizado Multiplexador/Demultiplexador CD4051. Através desse dispositivo ligado como Multiplexador é possível conectar as linhas e colunas da matriz de eletrodos e concentrar em um único pino para que o microcontrolador faça a leitura do valor de cada eletrodo, e ao mesmo tempo o microcontrolador é quem controla qual Multiplexador será habilitado e qual será a combinação correta nos pinos de seleção.

Multiplexadores e Demultiplexadores são dispositivos usados nos mais variados ramos da eletrônica nos dias de hoje. O uso mais comum desse componente é na concentração em uma única via de dados 'n' vias de dados. Essa é uma propriedade muito interessante, pois transmitir vários sinais significa a

necessidade de disponibilizar meios físicos para esses sinais. Logo, se é possível fazer todos esses sinais fluírem através de um único canal, pode-se conseguir uma economia muito grande no custo de alguns projetos.

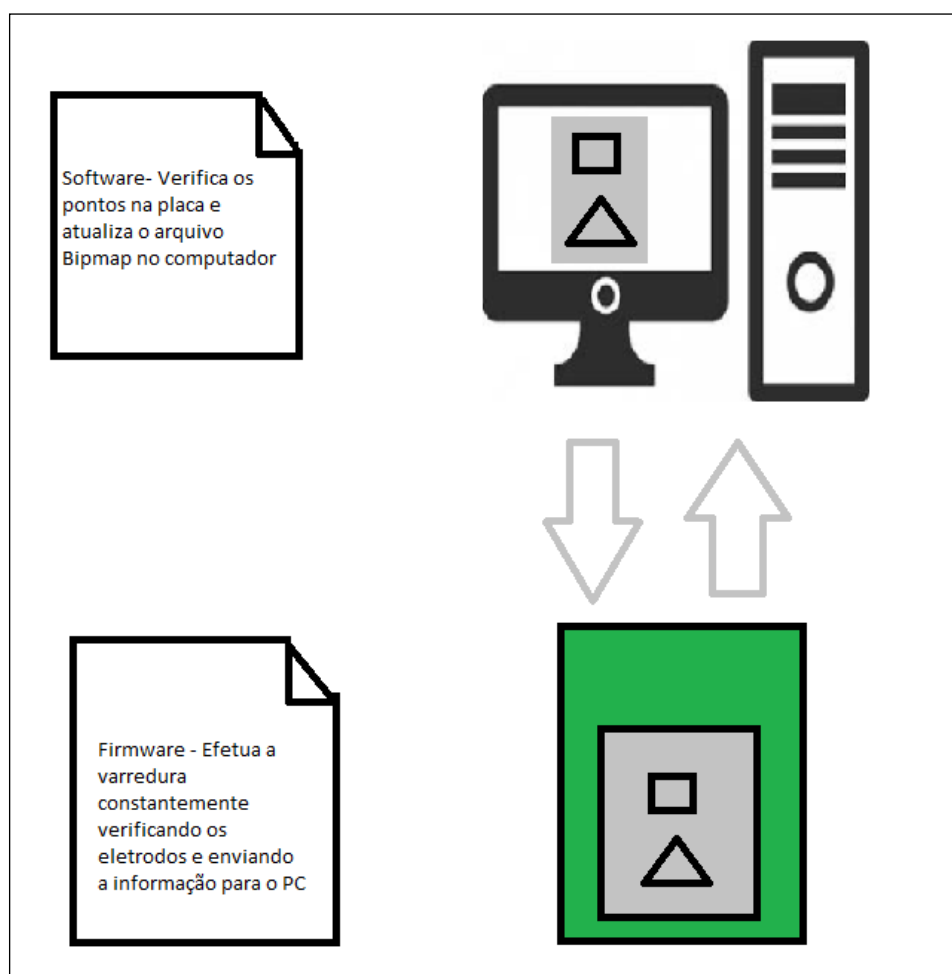
O Multiplexador é composto basicamente pelos pinos de entrada de sinais, alimentação, seleção de porta, saída e um pino de habilitação. O Demultiplexador possui uma estrutura muito similar, porém, possui apenas um pino de entrada de sinais e vários pinos de saída.

4. METODO

4.1 PROJETO DO DISPOSITIVO

Para implementar uma plataforma para gerar e digitalizar imagens no computador, foi utilizado uma placa contendo uma matriz de eletrodo, sendo que cada eletrodo corresponde a um pixel, em analogia aos pontos em um display. Também foram desenvolvidos dois programas. O primeiro instalado no computador analisa e apresenta as imagens no PC. O outro programa é um “firmware” gravado no microcontrolador que comanda a placa de eletrodo para varredura de pixel a pixel. A Figura 11 mostra o fluxo de funcionamento dos programas.

Figura 11 - Fluxo de funcionamento da plataforma desenvolvida

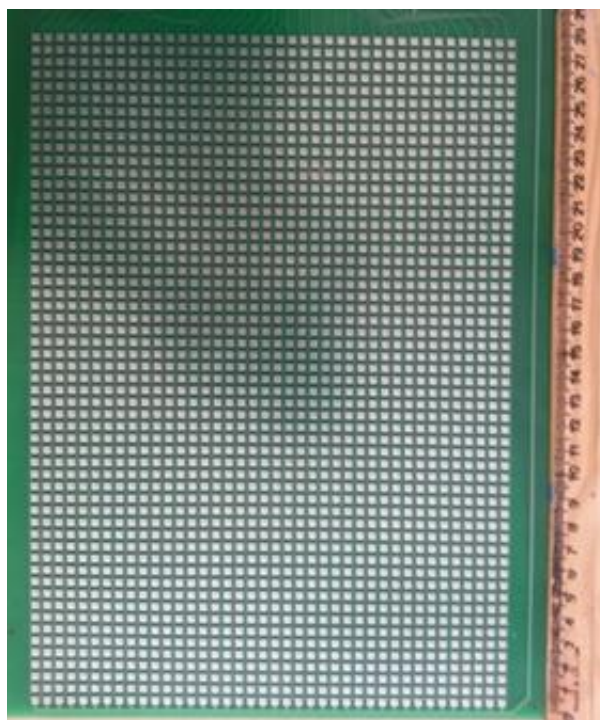


Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

4.2 IMPLEMENTAÇÃO DO HARDWARE

Para compor a plataforma de digitalização foi desenvolvida uma matriz de eletrodos a partir de uma placa de circuito impresso. Cada eletrodo é composto por três contatos, sendo dois positivos (X e Y) e um negativo (terra – GND) (FIGURA 12).

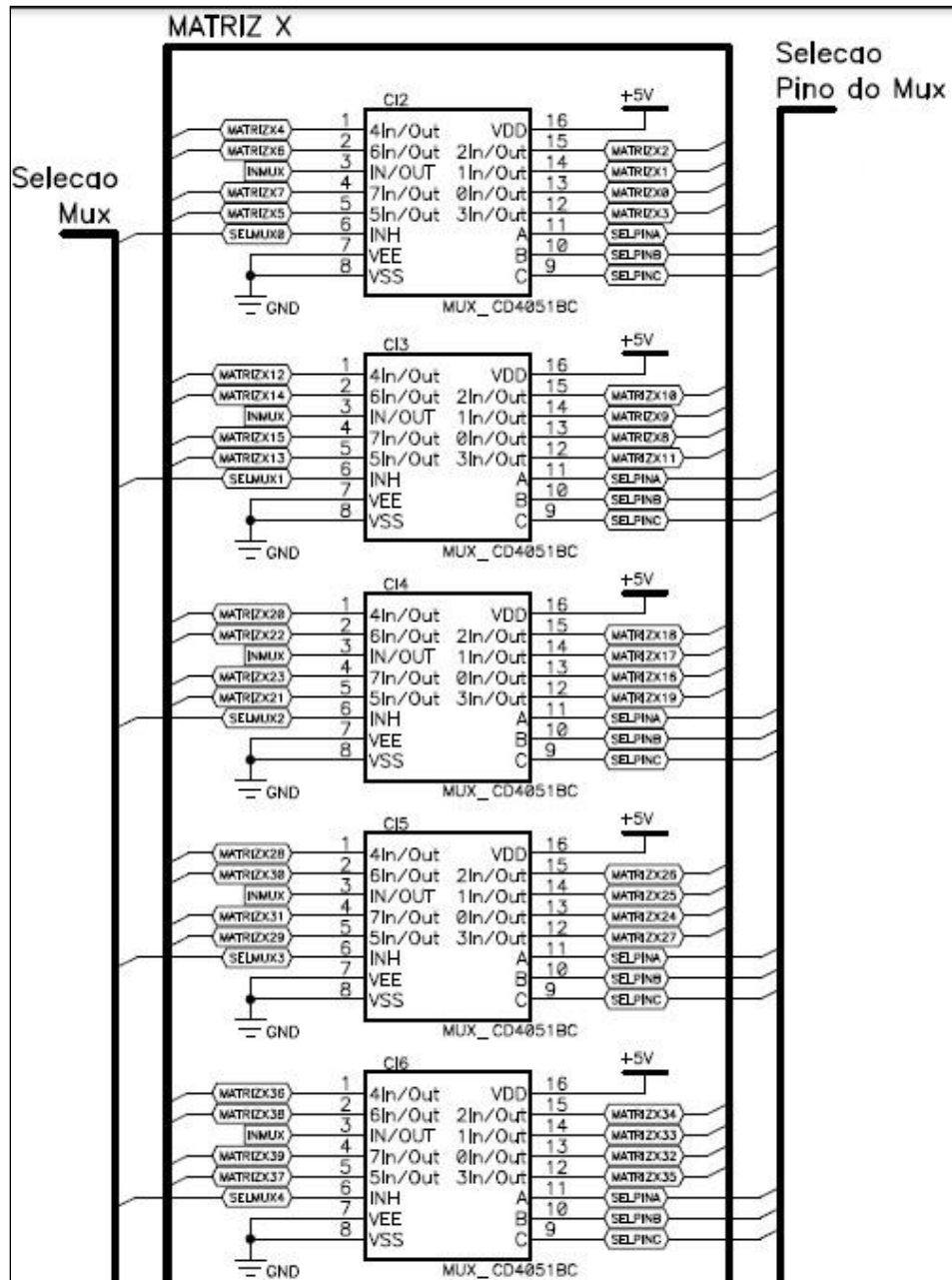
Figura 12 – Imagem da Plataforma de Digitalização



Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

Foram distribuídos 2240 eletrodos em uma matriz com 40 colunas e 56 linhas. Para efetuar a varredura de cada eletrodo foram utilizados 12 multiplexadores (CD4051) com 8 entradas, sendo 7 multiplexadores (MUX) para verificar as linhas e 5 MUX (FIGURA 13) para verificar as colunas. As saídas de todos os MUX estão ligadas ao microcontrolador. O microcontrolador, por sua vez, seleciona os MUX sequencialmente e liga cada saída ativa ao amplificador operacional (FIGURA 11).

Figura 13 - Esquema de Ligação dos Multiplexadores



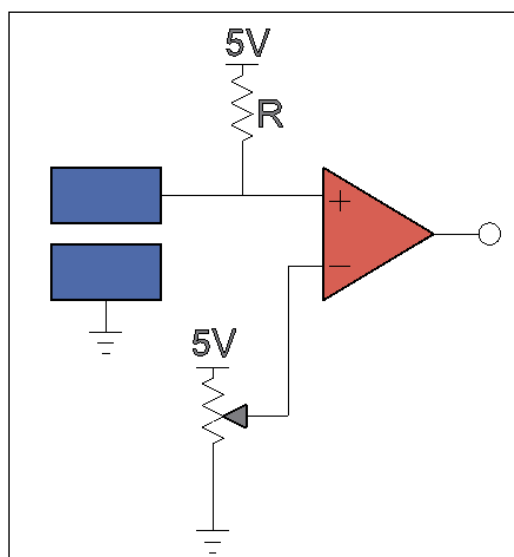
Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

Para verificar se o eletrodo está fechado ou não, foi utilizado o amplificador operacional (OP07) trabalhando como comparador (FIGURA 14).

Na entrada positiva foi utilizado um resistor de 30MΩ como “pull up” em um dos eletrodos, e no outro eletrodo GND (terra), de forma que quando colocado um

objeto condutor sobre o par de eletrodos é fechado um circuito, ligando terra (0V) a entrada do amplificador, e quando o objeto não está sobre o par de eletrodos os 5V da alimentação são conectados através do resistor de “pull up”.

Figura 14 – Esquema de ligação elétrica do amplificador operacional trabalhando como comparador

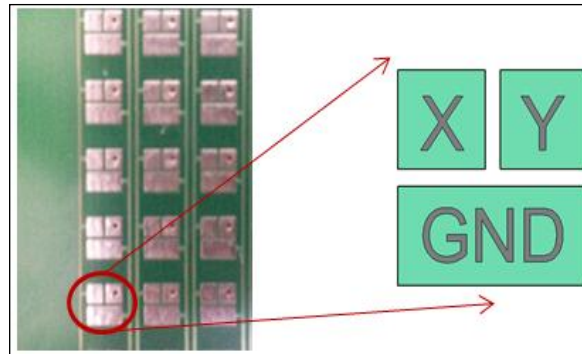


Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

O resistor foi definido de forma empírica, para proporcionar maior sensibilidade no sensoriamento. O valor que proporcionou a melhor resposta foi 30M Ω . Além disso, na entrada negativa um potenciômetro permite ajustar o nível de comparação e indiretamente ajustar a sensibilidade.

Na matriz de eletrodos, um ponto é definido por um eletrodo X e um eletrodo Y,(FIGURA 15) e a leitura ocorre quando uma superfície condutora liga os eletrodos X e Y e GND.

Figura 15 – Imagem dos eletrodos da Plataforma de Digitalização



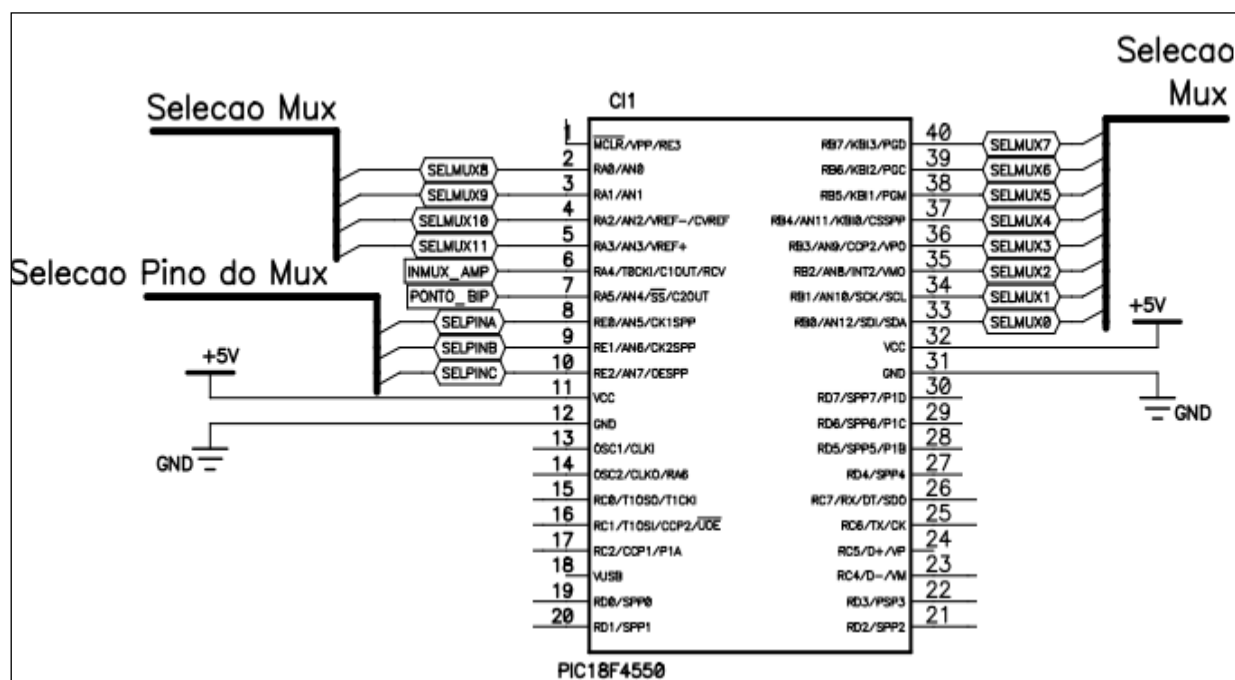
Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

O amplificador operacional efetua a comparação dos valores das tensões das entradas negativas e positivas. Se o valor da tensão de entrada positiva for maior que o da tensão de entrada negativa, isto significa que o contato do eletrodo está aberto, caso contrário o contato está fechado. Dessa forma, é feita a leitura de um ponto.

Como a matriz tem 2240 pontos, foram utilizados 12 multiplexadores analógicos com 8 entradas, sendo cada MUX separando 40 entradas para colunas e 56 entradas para as linhas. A saída de todos os multiplexadores está ligada em um único pino do microcontrolador, enquanto 8 pinos do microcontrolador selecionam qual multiplexador o microcontrolador deve ler e 3 pinos selecionam a porta do multiplexador. O amplificador operacional é o responsável pela comparação entre a tensão na entrada positiva e tensão na entrada negativa, operando como um amplificador de diferença. Se a entrada positiva for maior que a entrada negativa, tem 5V na saída e a informação de que nada está sobre o eletrodo. Se a entrada negativa for maior que a entrada positiva tem 0V na saída e a informação que algum condutor está sobre o eletrodo. O multiplexador CD4051 é o responsável pela conexão entre os eletrodos e o amplificador operacional e está conectado a um pino do microcontrolador. O microcontrolador é o responsável pela comunicação serial com o PC, pela varredura dos eletrodos.

O microcontrolador (FIGURA 16) é o responsável pela comunicação serial com o PC e varredura para verificação dos eletrodos um a um, selecionando os MUX.

Figura 16 - Esquema de Ligação do Microprocessador



Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

4.3 IMPLEMENTAÇÃO DE SOFTWARE

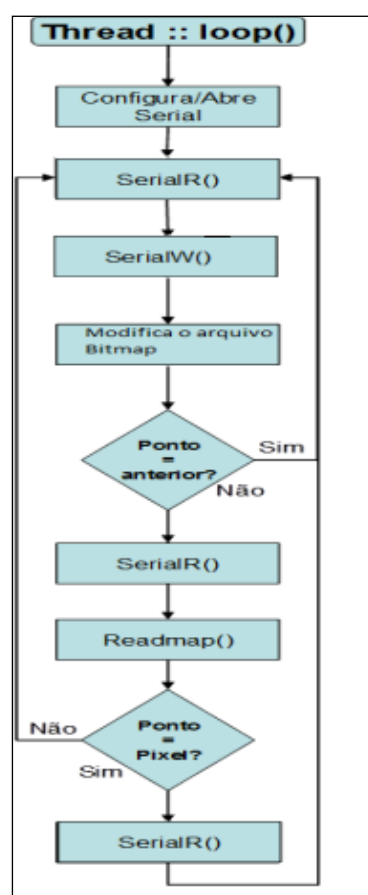
Foi utilizada a linguagem C++ para o desenvolvimento e a interface para comunicação com a porta serial, derivada da API (Application Programming Interface) do Windows.

O programa, quando executado, inicia um processo para o sistema operacional, conhecido como Thread que basicamente é um conjunto de instruções executadas infinitamente num loop. Dentro desse loop, gerou se um protocolo proprietário para garantir que as coordenadas (x, y), enviadas pela placa, sejam interpretadas corretamente e principalmente para que a comunicação e as mensagens trocadas entre o PC e a placa estejam em sincronismo. Cada pixel lido na placa é comparado com o que esta sendo apresentado no computador.

A Thread inicia configurando a porta serial. Em seguida, um comando de pedido de coordenada, SerialR (), é enviado à placa, seguido de um comando de escrita denominado SerialW. Verifica-se se a nova coordenada escrita é diferente da coordenada escrita anteriormente. Se não for diferente, o programa verifica a próxima coordenada. Se for diferente, essa coordenada é atualizada. Então a função readmap () é chamada. A função readmap () é uma das principais funções do programa, uma vez que é a responsável por abrir um arquivo de imagem de extensão.bmp, para colocar os dados numa matriz, separar os bytes úteis do arquivo e comparar se a coordenada recebida é um pixel no desenho. Sendo a coordenada um pixel, um comando atualiza o byte correspondente no arquivo bitmap. Em caso negativo, o programa solicita uma coordenada nova através do comando SerialR ().

O sistema funciona em loop, a aquisição das informações de atualização é contínua até que seja desligado o sistema. A figura 17 apresenta um fluxograma básico para mostrar esse processo:

Figura 17 - Fluxograma do processo do software



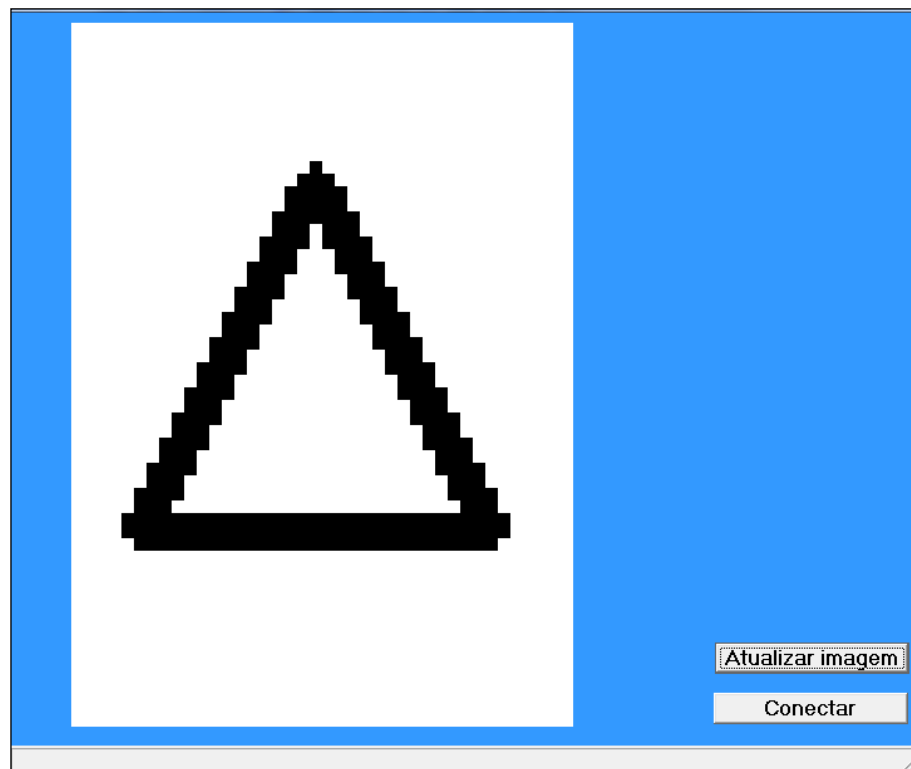
Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

4.4 TESTES DO SOFTWARE E HARDWARE

Após a finalização de cada uma das etapas do desenvolvimento, foram efetuados os testes para verificar sua funcionalidade. Primeiramente foram modificados os arquivos bitmap manualmente para verificar a atualização no PC, posteriormente foram testadas as conexões entre a Placa e o PC. Nas primeiras versões foram incluídos 2 botões, sendo um para atualização do desenho e o outro para efetuar a conexão (FIGURA 18).

Para avaliar o desempenho do software, foi testado se as coordenadas escolhidas são identificadas quando é acionada a informação da existência de um pixel. Foi implementada no “firmware” uma rotina de verificação da porta serial disponível, evitando assim que o usuário precise configurar a conexão.

Figura 18 – Imagem da tela do aplicativo no computador, mostrando a figura de um triângulo que está implementada na placa e os botões “Atualizar imagem” e “Conectar”.



Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

4.5 AVALIAÇÃO DA SENSIBILIDADE

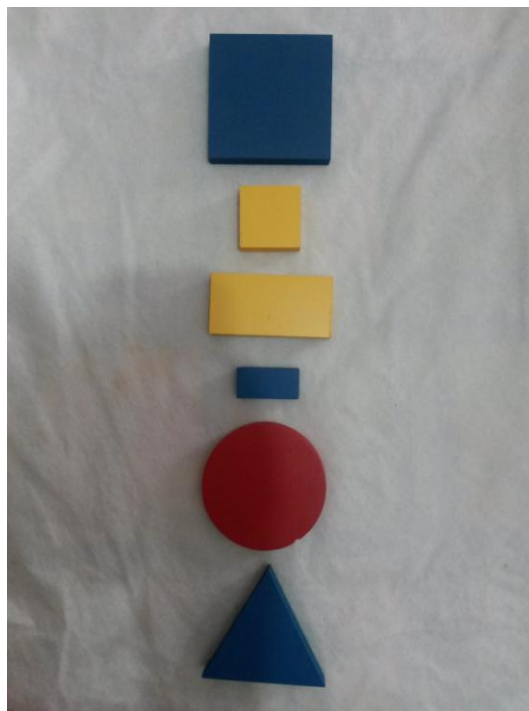
Inicialmente foi avaliado o contato dos objetos com a plataforma.

A seguir para verificar a sensibilidade do dispositivo, foram utilizados:

- quadrado de 7 X 7 cm,
- quadrado de 3,5 X 3,5 cm,
- retângulo de 7 X 3,5 cm,
- retângulo de 3,5 X 1,17 cm,
- círculo de 3,5 cm de raio,
- triângulo equilátero de 7 cm,

como mostrado na figura 19. Esses objetos foram sobrepostos a plataforma para verificar os limites de detecção.

Figura 19 – Objetos com diferentes formatos geométricos utilizados para avaliar a reprodutibilidade destas formas pelo contato com a plataforma de digitalização desenvolvida.



Fonte: Imagem desenvolvida pelo próprio autor

4.6 AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO

Para verificar o desempenho da plataforma de digitalização, foram avaliadas duas formas de aplicação. Na primeira, para simular um ambiente escolar onde existe a necessidade de apresentação de formas geométricas, foram utilizados retângulos, círculos e triângulos que estão na figura 19.

Na segunda avaliação visando a área profissional, onde é necessária a criação de um fluxo de dados foram utilizados objetos retangulares e quadrados, juntamente com o círculo e o triângulo.

5. RESULTADOS

5.1 RESULTADOS DOS TESTES DO SOFTWARE

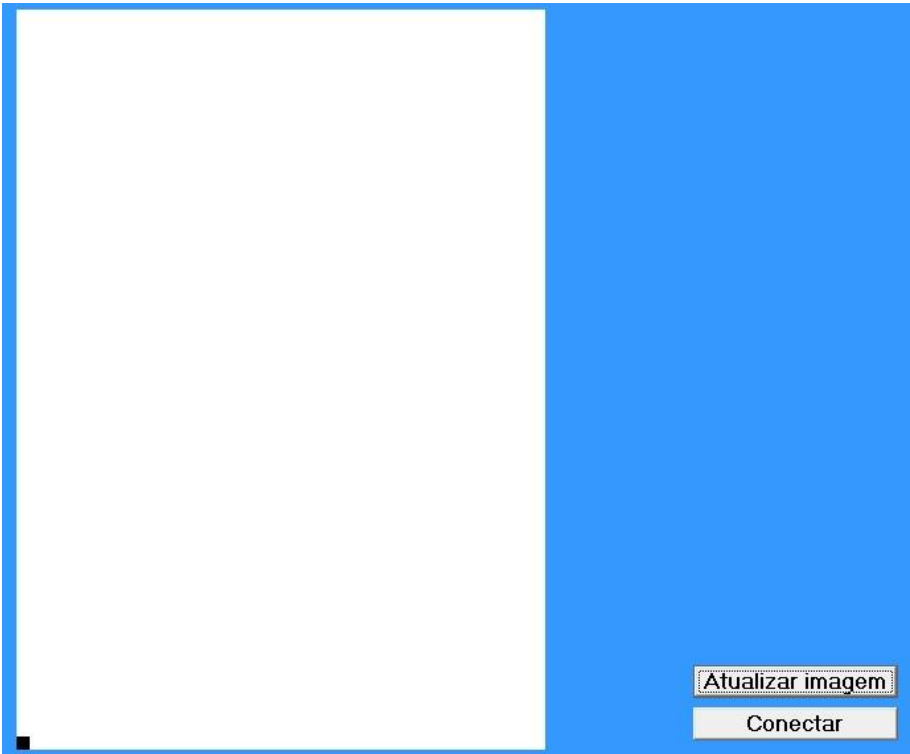
O software mostrou ser capaz de abrir um arquivo bitmap e identificar se as coordenadas escolhidas correspondem a um pixel do desenho. O valor do byte alocado entre os endereços 3Eh (Hexadecimal) e 1FAh do arquivo compõe o desenho a ser formado. Foi modificado o byte alocado no endereço 3Eh de FFh para o valor 7Fh (FIGURA 20), desta forma o ponto 1x1(1º linha de baixo para cima e 1º coluna da esquerda para direita) no desenho foi preenchido (FIGURA 21).

Figura 20 – Imagem do arquivo hexadecimal do arquivo bitmap com ponto 1x1 preenchido

Address	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f
00000000	42	4d	fe	01	00	00	00	00	00	00	3e	00	00	00	28	00
00000010	00	00	28	00	00	00	38	00	00	00	01	00	01	00	00	00
00000020	00	00	c0	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00000030	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	ff	ff	ff	00	7f	ff
00000040	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000050	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000060	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000070	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000080	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000090	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
000000a0	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
000000b0	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
000000c0	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
000000d0	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
000000e0	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
000000f0	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000100	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000110	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000120	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000130	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000140	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff

Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

Figura 21 – Imagem da tela do aplicativo no computador com o ponto 1x1 (canto inferior esquerdo da tela) preenchido de cor preta pelo software



Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

O valor dos bytes alocados entre os endereços 3Eh e 42h, do arquivo Bitmap, foi modificado para 00 00 00 00 00h (FIGURA 22) e a primeira linha foi totalmente preenchida no software (FIGURA 23).

Figura 22 – Imagem do arquivo hexadecimal do arquivo bitmap com a linha 1 preenchida

Address	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	a	b	c	d	e	f
00000000	42	4d	fe	01	00	00	00	00	00	00	3e	00	00	00	28	00
00000010	00	00	28	00	00	00	38	00	00	00	01	00	01	00	00	00
00000020	00	00	c0	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
00000030	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	ff	ff	ff	00	00	00
00000040	00	00	00	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000050	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000060	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000070	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000080	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000090	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
000000a0	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
000000b0	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
000000c0	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
000000d0	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
000000e0	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
000000f0	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000100	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000110	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000120	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000130	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff
00000140	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff	ff	ff	ff	00	00	00	ff	ff

Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

Figura 23 – Imagem da tela do aplicativo no computador com a linha 1 preenchida pelo software o ponto 1x1 (parte inferior da tela)



Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

A atualização da imagem no software foi realizada quando modificado o valor do byte no arquivo. A atualização ocorreu com menos de 1 segundo. Este tempo de resposta viabiliza a utilização no dispositivo.

5.2 RESULTADOS DOS TESTES DO HARDWARE

A conexão foi efetuada via porta serial do PC, onde foi configurada a porta de comunicação manualmente. Os dados da matriz de eletrodos foram devidamente recebidos no PC.

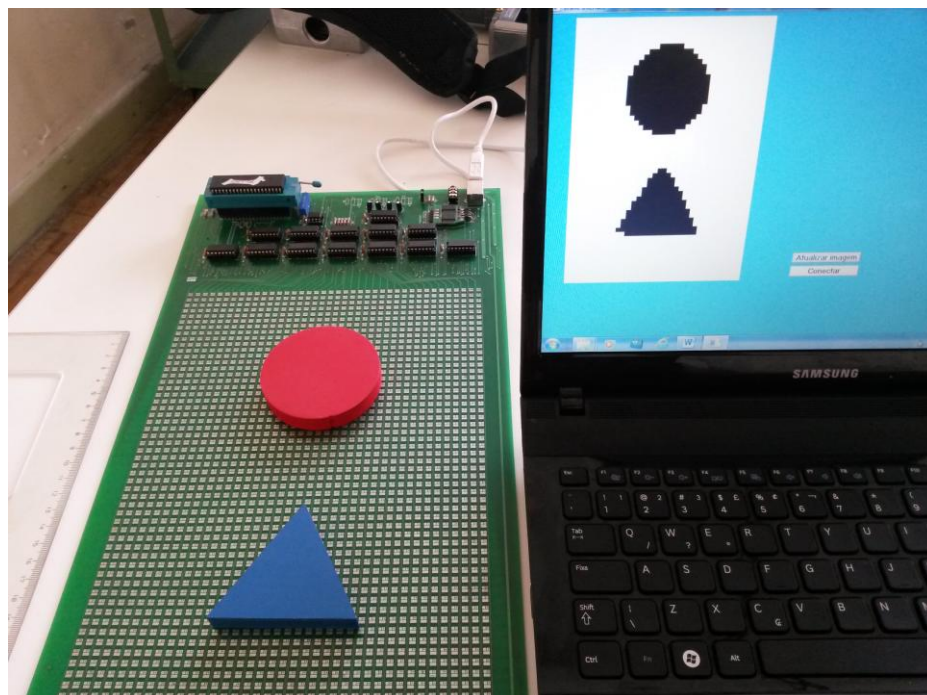
A rotina de verificação da porta serial mostrou que, quando o ponto 1x1 da placa de eletrodos foi conectado, o valor foi recebido no PC. Foi devidamente identificado o valor 7Fh no computador.

Após habilitar a varredura de verificação dos eletrodos em conexão com o PC, foi detectado um problema, um ruído de fundo gerado pela rede elétrica. Para solucionar este problema o programa do microcontrolador foi modificado de forma que o período de leitura de um ponto seja maior que meio período da rede.

5.3 RESULTADOS DOS TESTES DE SENSIBILIDADE

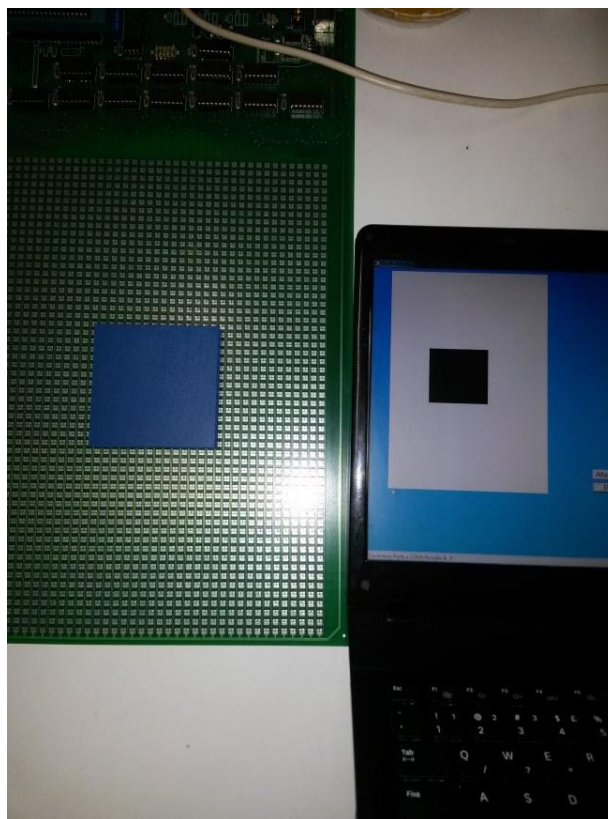
Nos testes de contato das formas geométricas, foi utilizado um triângulo equilátero de 7 cm, um círculo de raio de 3,5cm (FIGURA 24). Foi constatado que a sobreposição do objeto sobre os eletrodos não foi suficiente para fechar o contato. Portanto foi colocado peso de 300 gramas para ter uma detecção adequada. A figura digitalizada, mostrada na figura 25, precisou de um peso sobreposto a ela para que seja fechado o contato. Peças acima de 300 gramas tiveram uma detecção adequada, abaixo deste peso apresentaram falha de detecção.

Figura 24 – Imagem mostrando as figuras geométricas sobre a plataforma e a imagem gerada na tela do computador



Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

Figura 25 – Imagem mostrando as figuras geométricas sobre a plataforma e a imagem gerada na tela do computador



Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

Por este motivo foi avaliada a resposta de detecção de outro material condutor. A grafite é amplamente utilizada nos botões dos controles remotos para fechar um contato. Portanto para melhorar o desempenho foi colocada grafite na base das peças. A resposta foi melhorada e a detecção do objeto teve uma qualidade mais adequada e peças com peso abaixo de 300 gramas foram detectadas pelo dispositivo.

Para verificar qual é a sensibilidade do sistema, as peças da figura 19, foram dispostas na plataforma. Como cada eletrodo do dispositivo é um quadrado com dimensão de 0,3 x 0,3 cm e a distancia entre os eletrodos é de 0,2 cm a digitalização dos objetos pequenos foi prejudicada. A relação entre o tamanho das peças e a figura digitalizada esta na tabela 2

TABELA 2 - Tamanho Real das Peças X Número de Pixels

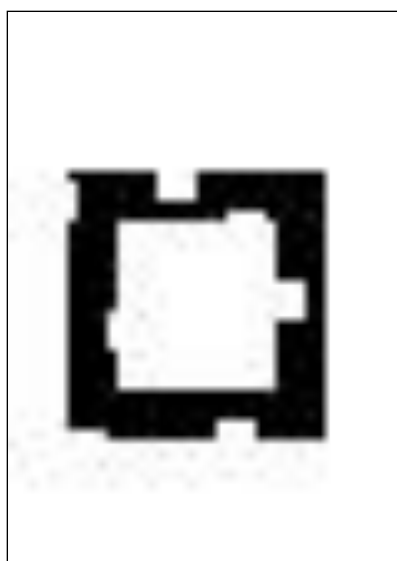
Forma	Dimensões	Nº Pixels	Total de Pixels
Quadrado	7 cm de base	14 de base	196
Quadrado	3,5 cm de base	7 de base	49
Circulo	3,5 cm de raio	7 de raio	128
Retângulo	7 x 3,5 cm	14 x 7	98
Retângulo	3,5 x 1,17	7 x 3	21

Fonte: Tabela desenvolvida pelos próprios autores

5.4 AVALIAÇÃO DO DISPOSITIVO

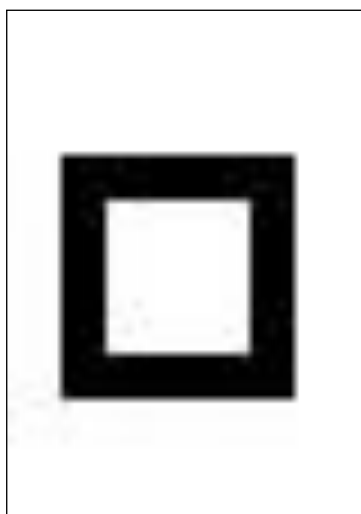
Para avaliar a plataforma e a qualidade da imagem gerada no computador pelo software, foram utilizados objetos com grafite na base. Mas, dependendo da sensibilidade, da irregularidade da base, do material ou de imperfeição nos eletrodos de estanho, alguns pontos que são partes da forma do objeto não são detectados. Por este motivo o software não preenche o ponto no computador (FIGURA 26). Como solução, foi modificado o software vinculando um pequeno banco de dados com as formas mais utilizadas. Assim cada peça apresente uma forma perfeita na tela do computador (FIGURA 27).

Figura 26- Imagem gerada a partir de uma peça colocada sobre a plataforma, onde é possível observar descontinuidades no traçado do objeto.



Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

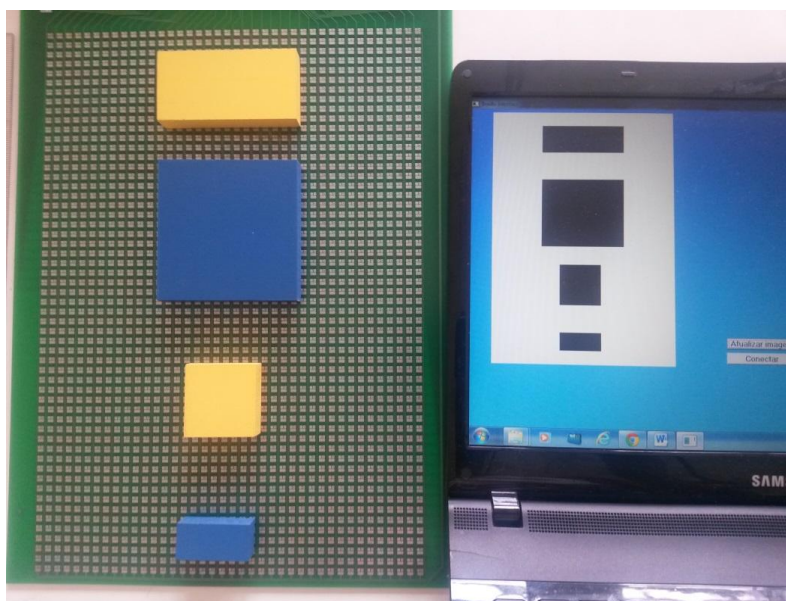
Figura 27 – Mesma imagem anterior gerada a partir de modificações no software de aquisição de imagens desenvolvido



Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

Em outras palavras para detecção de uma forma com imperfeições o software apresenta uma forma perfeita e sem erros, conforme mostrado na figura 28. Quando são sobrepostas peças com base de grafite, o software identifica o número de eletrodos fechados, verifica qual a relação no banco de dados e apresenta a figura no computador. (Figura 28)

Figura 28 – Quadrados e Retângulos com imagens melhoradas pelo software

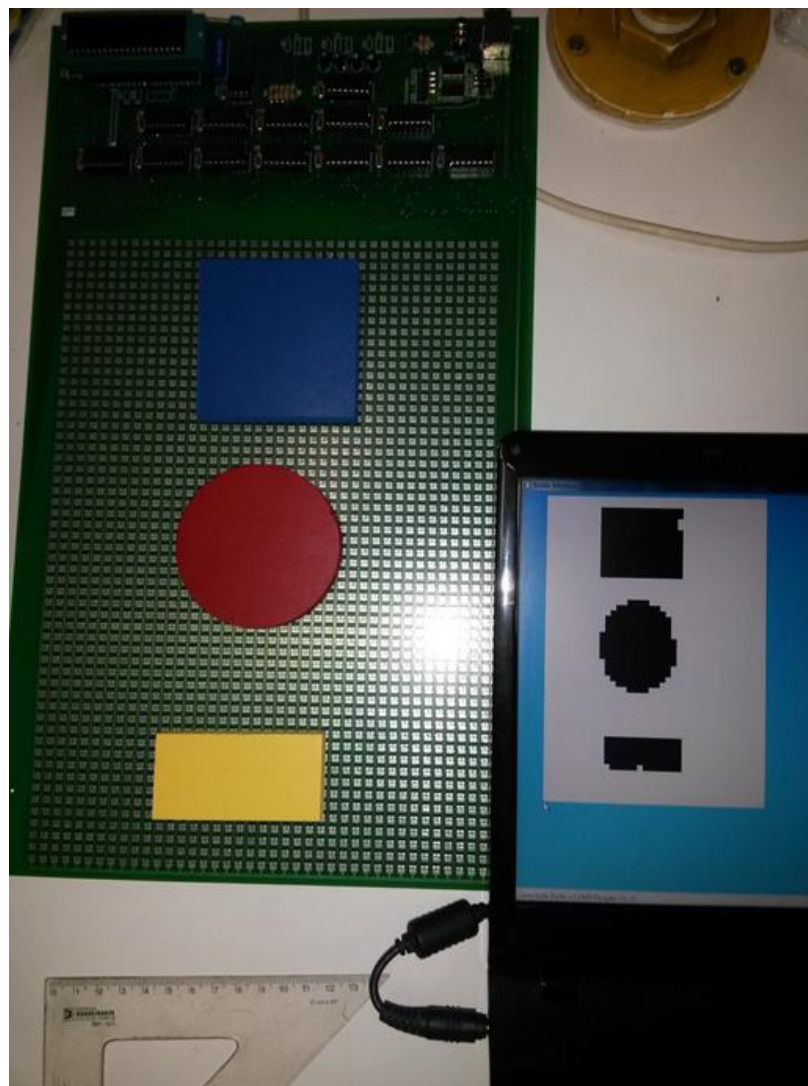


Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

5.5 AVALIAÇÃO NO AMBIENTE ESCOLAR

No ambiente escolar, onde existe a necessidade de manipular diferentes formas geométricas com formas e dimensões distintas. Nessa simulação foram utilizados retângulos, círculos e quadrados como mostrado na figura 29

Figura 29 – Digitalização de formas geométricas para utilização em ambiente escolar

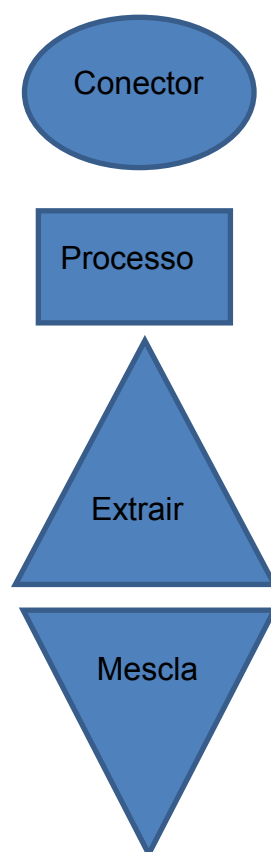


Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

5.6 CRIAÇÃO DE FLUXOGRAMA

Para o ambiente profissional, onde é necessário registrar no computador fluxogramas, é possível utilizar a plataforma, pois o círculo pode indicar um conector de início ou término. O quadrado e o retângulo são utilizados para definir processo, processos definidos, armazenamentos internos etc. O triângulo com a base para baixo é utilizado para indicar extração e com a base invertida como mescla. (FIGURA 30)

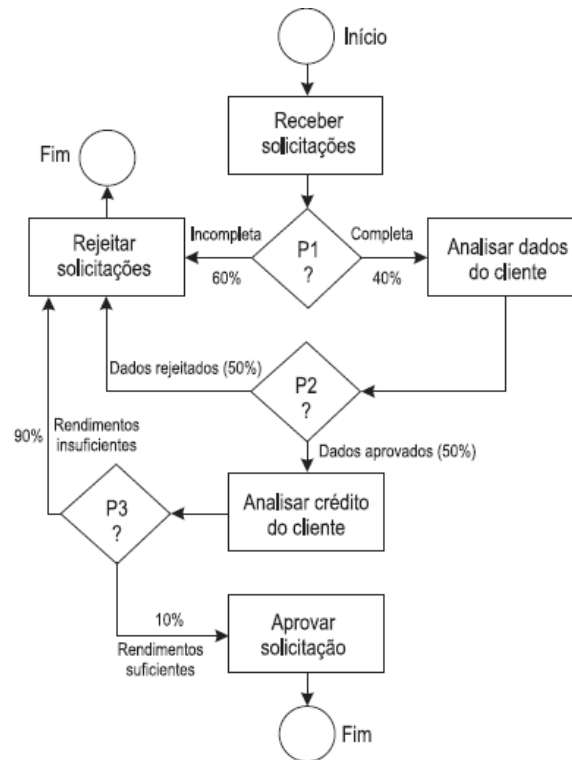
Figura 30 – Opções de formas de um fluxograma



Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

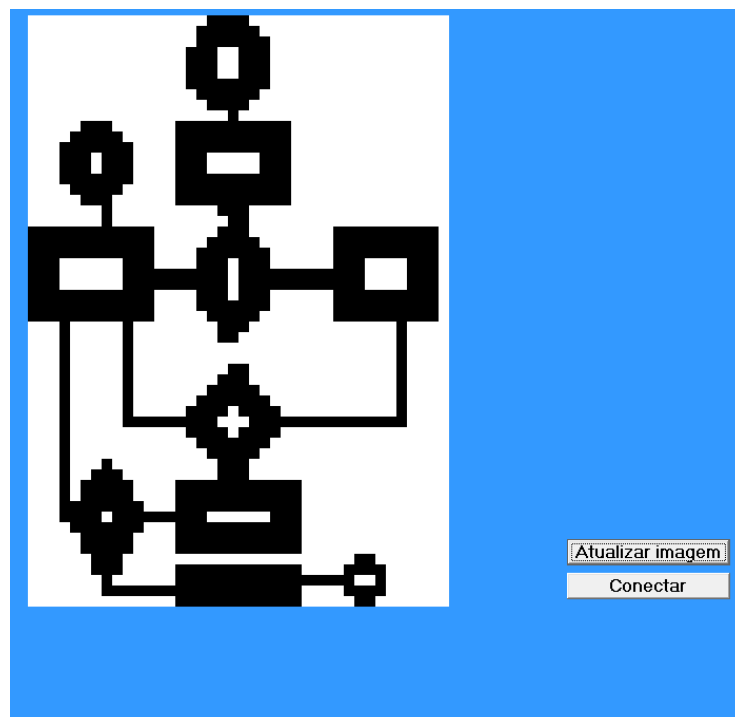
Como exemplo o fluxograma da fig. 31 foi implementado na plataforma como mostrado na fig. 32. Para desenvolvimento, criações ou utilizações mais específicas, seria necessária alguma adaptação no software, o que poderia ser feito analisando as necessidades do usuário e a exata aplicação da plataforma.

Figura 31 – Exemplo de um fluxograma



Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

Figura 32 – Exemplo de fluxograma digitalizado a partir da plataforma desenvolvida



Fonte: Imagem desenvolvida pelos próprios autores

Nos fluxogramas as formas são alinhadas, para esteticamente ficar com uma visualização agradável. Um deficiente visual pode ter dificuldade nesse alinhamento. Nesse caso seria necessário adaptar o software para que o alinhamento na imagem seja executado de forma automática.

Na criação de fluxogramas, são utilizados traços de conexões entre as formas com a indicação do sentido que deve seguir o processamento, será necessário também adaptar o software para que a vinculação das formas do fluxograma seja solicitada verbalmente. Outra adequação refere-se ao conteúdo textual contido em cada forma, que poderá, assim como a vinculação das formas, ser imputado por comando de voz.

6 DISCUSSÃO E CONCLUSÃO

A Plataforma de digitalização, desenvolvida no projeto, permite a geração e a digitalização de formas geométricas, gráficos, símbolos, etc. O usuário precisa colocar o objeto com base condutora sobre a matriz de eletrodos. A imagem é formada em tempo real na tela do computador. Este projeto tem potencial para aplicação em ambientes escolares ou profissionais para apoio ao deficiente visual, possibilitando que este consiga gerar uma informação gráfica.

Existem alguns pontos a melhorar como acabamentos, sensibilidade da detecção e resolução da imagem.

Embora existam diversos materiais didáticos que podem ser utilizados por deficientes visuais na escola, não tem meios de eles registrarem no computador suas tarefas para apresentação ou registrar seus desenhos e levá-los para casa.

Na área profissional, varias atividades devem ser registradas para serem apresentadas aos clientes, sejam com diagramas, plantas de projetos etc. Esse dispositivo permitira ao deficiente visual exercer essas profissões em igualdade de condições das demais pessoas.

Este trabalho disponibiliza um recurso para auxiliar o deficiente visual a exercer uma atividade, onde é necessária a criação ou apresentação de informação por imagem, em resumo é um recurso que permite gerar uma imagem no computador e que poderá também ser útil para pessoas com plena visão.

REFERÊNCIAS

ABREU, J. V. V. ; GARCIA. M. F. Construção de um traçador gráfico para pessoas com deficiência visual, UNICAMP, Núcleo de Informática Aplicada à Educação – NIED, 2005.

[Http://www.niee.ufrgs.br/eventos/SIIE/2005/PDFs/Comunica%E7%F5es/c233-Abreu.pdf](http://www.niee.ufrgs.br/eventos/SIIE/2005/PDFs/Comunica%E7%F5es/c233-Abreu.pdf)

ABRH, 2014. Disponível em <http://www.abrhnaional.org.br/> Acessado em 11/11/2014.

AMIRALIAN, M. L. T. M.. Comunicação e Participação Ativa: a inclusão de pessoas com deficiência visual. In: Maria Lucia Toledo Moraes Amiralian. (Org.). Deficiência Visual: perspectiva na contemporaneidade. 1ª ed. São Paulo: Vetor Editora, 2009, v., p. 19-38.

BRASIL. SDHPR - Secretaria Nacional de Promoção dos Direitos da Pessoa com Deficiência - SNPD. 2011. Disponível em: <http://www.pessoacomdeficiencia.gov.br/app/publicacoes/tecnologia-assistiva> Acesso em 18/07/2014

CARDOZO, K. R; MEIRA. R. M; SILVA, R. L. A; SAVI. T. S. Display Braille por estimulação sonora para inclusão de deficientes visuais no ambiente escolar (DBES – Display Braille por estimulação sonora). 2011. 49 p. Monografia (Curso de Engenharia Elétrica) – Pontifícia Universidade Católica. Faculdade Ciências Exatas e Tecnologia

CATHO, Disponível em <http://www.catho.com.br/>
<http://www3.catho.com.br/institucional/2014/05/93-dos-gestores-nao-possuem-preparo-para-gerir-uma-pessoa-com-deficiencia-diz-pesquisa/>. Acessado 11/11/2014

CRISTENSEN, L.B., RoboBraille – Automated Braille Translation by Means of an E-Mail Robot 10th International Conference, ICCHP 2006, Linz, Austria, July 11-13, 2006. Proceedings pp 1102-1109, 2006. <http://www.robobraille.org/> Acessado em 07/06/2014

DA COSTA, E. B. G., DO R BARROS, I. O, and FECHINE, J. M., “Matraca – Ferramenta Computacional para Auxílio à Deficientes Visuais no Uso do Computador,” Anais do X Congresso Brasileiro de Informática em Saúde, 2006.

DOSVOX, “DOSVOX” Disponível em: <http://intervox.nce.ufrj.br/dosvox/>.

FRANÇANI, C. O.; SIMÕES, M.; BRACCIALLI, L. M. P. Tecnologia Assistiva: desenvolvimento de recursos de baixo custo. Rev. Ciênc. Ext. v.5, n.2, p.108, 2009

FREITAS, M. N. C; MARQUES, L. A. Inserção de pessoas com deficiência em organizações brasileiras: Um estudo com empresas socialmente responsáveis. Revista Eletrônica de Gestão Organizacional, 2010, Vol.8(3), p.483.

HUMANWARE, Disponível em <http://www.humanware.com/>

IKEI, Y., WAKAMATSU, K. and FUKUDA, S., "Vibratory Tactile Display of Image-Based Textures", IEEE Computer Graphics and Applications, Vol.17, No.6, (1997), pp.53-61.

I.Social. Disponível em: http://www.isocial.com.br/download/prof_rh-expectativas_percepcoes_mercado_trabalho.pdf. Acessado 11/11/2014

JAWS, "Job Access with Speech," Disponível em: <http://www.freedomscientific.com/Products/Blindness/Jaws>

LANDAU, S., GOURGEY, K.: Development of a talking tactile tablet. Inf. Technol. Disabil. 7(2). <http://www.rit.edu/~easi/itd/itdv07.htm> (2001)

MANRIQUE, A. L.; FERREIRA, G. L. Mediadores e mediação: a inclusão em aulas de matemática. Contrapontos (UNIVALI), Itajaí, v. 10.1, p. 07-13, 2010. <http://siaiweb06.univali.br/seer/index.php/rc/article/view/2110/1550>.

MANRIQUE, A. L.; GOUVEA, F. A. T.; ALMOULOU, S. A. Análise da prática pedagógica em Geometria: o ponto de vista do aluno do ensino fundamental. Contrapontos (UNIVALI), Itajaí, v. n.6, p. 325-341, 2002. <http://siaiweb06.univali.br/seer/index.php/rc/article/view/179/151>

MAUCHER T, MEIER K, SCHEMMELE J. "An interactive Tactile Graphics Display". Sixth International Symposium on Signal Processing and its Applications, Page(s): 190-193 vol.1. ISSPA 2001.

METATLA, O., BRYAN-KINNS, N., and STOCKMAN, T., "Diagrams as Sonified Trees: The Design and Implementation of Auditory UML" Proceedings of the 1st Workshop on Haptic and Audio Interaction Design, Vol. 2, 2006.

MICROCHIP, Disponível em: <http://www.microchip.com/>

Oliveira. M. V, Formato de Arquivo: BMP Disponível em: <http://www.ic.uff.br/~aconci/curso/bmp.pdf>. Acessado dia 29/08/2014

POWER C.; JURGENSEN H.; Accessible presentation of information for people with visual disabilities.(Report), Universal Access in the Information Society [1615-5289] Power, Christopher yr:2010 vol:9 iss:2 pg:97

TEXAS INSTRUMENTS. Disponível em: <http://www.ti.com/>

YEH, F.H, Assisting the visually impaired to deal with telephone interview jobs using information and communication technology Fonte: Research in developmental disabilities [0891-4222] 2014 vol:35 iss:12 pg:3462 -3468