



Pontifícia Universidade Católica do Paraná

LUCIANE APARECIDA LIEGEL

**SISTEMA PORTÁTIL DE COMUNICAÇÃO
ALTERNATIVA**

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
TECNOLOGIA EM SAÚDE
PUCPR**

**CURITIBA
2008**

PUCPR

Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde

Luciane Aparecida Liegel

**SISTEMA PORTÁTIL DE COMUNICAÇÃO
ALTERNATIVA**

Curitiba
2008

LUCIANE APARECIDA LIEGEL

**SISTEMA PORTÁTIL DE COMUNICAÇÃO
ALTERNATIVA**

Dissertação apresentada como requisito parcial à obtenção do grau de mestre em Tecnologia em Saúde do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde da Pontifícia Universidade Católica do Paraná.

Orientador: Prof. Dr. Percy Nohama

Curitiba

2008

Dados da Catalogação na Publicação
Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Sistema Integrado de Bibliotecas – SIBI/PUCPR
Biblioteca Central

L719s
□008 Liegel, Luciane Aparecida
Sistema portátil de comunicação alternativa / Luciane Aparecida Liegel ; orientador, Percy Nohama. -- □008.
130 f. : il. ; 30 cm

Dissertação (mestrado) – Pontifícia Universidade Católica do Paraná, Curitiba, □008
Bibliografia: f. 95-99

1. Portadores de paralisia cerebral – Software. □ Deficientes – Meios de comunicação. 3. Dispositivos de comunicação para deficientes. I. Nohama, Percy. II. Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde. III. Título.

CDD □0. ed. – 616.8360□85



Pontifícia Universidade Católica do Paraná
Centro de Ciências Biológicas e da Saúde
Programa de Pós-Graduação em Medicina

ATA DA SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE MESTRADO
DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM SAÚDE
DA PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

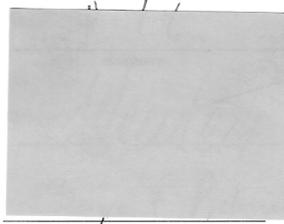
DEFESA DE DISSERTAÇÃO Nº 090

Aos 19 dias do mês de dezembro de 2008 realizou-se a sessão pública de defesa da dissertação “**Sistema Portátil de Comunicação Alternativa**”, apresentada por **Luciane Aparecida Liegel** como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Tecnologia em Saúde, – Área de Concentração – Bioengenharia perante uma Banca Examinadora composta pelos seguintes membros:

Prof. Dr. Percy Nohama,
PUCPR (Orientadora)

Profª. Drª. Suzana Barreto Martins,
(UEL)

Prof. Dr. Sergio Francisco Pichorim,
UTFPR



APPROVADO
parecer (aprov/ reprov.)

APROVADA

Aprovada

Conforme as normas regimentais do PPGTS e da PUCPR, o trabalho apresentado foi considerado APROVADO (aprovado/reprovado), segundo avaliação da maioria dos membros desta Banca Examinadora. Este resultado está condicionado ao cumprimento integral das solicitações da Banca Examinadora registradas no Livro de Defesas do Programa.



Prof. Dr. Munir Antonio Gariba,
Diretor do PPGTS PUCPR



AGRADECIMENTOS

Aos meus pais Sílvio e Jandira e ao meu filho Arthur, que me proporcionaram essa chance de trilhar um novo caminho na vida.

Ao meu orientador, Prof. Dr. Percy Nohama, pela confiança, estímulo intelectual e imprescindíveis contribuições a esta pesquisa.

Aos professores e funcionários da PUCPR que, direta e indiretamente, participaram desta pesquisa.

À todas professoras, psicólogas, funcionárias e em especial aos alunos da Escola Especial Vivian Marçal que direta e indiretamente participaram deste projeto.

Aos funcionários e estagiários do Hospital de Clínicas da UFPR, em especial do Serviço de Engenharia Clínica que direta e indiretamente participaram desta pesquisa.

Aos alunos e funcionários da UTFPR que direta e indiretamente participaram desta pesquisa.

Aos voluntários e amigos que participaram da pesquisa.

À FINEP, pelo apoio financeiro.

Ao CNPq, pela bolsa de apoio técnico.

RESUMO

Neste trabalho, apresenta-se uma ferramenta de comunicação alternativa computadorizada para ser utilizada por portadores de paralisia cerebral com capacidade cognitiva preservada. Esta ferramenta consiste de um sistema portátil contendo um teclado especial ativado pelo movimento da cabeça e uma interface gráfica. O teclado possui *layout* projetado especialmente para comunicação alternativa e o acionamento pode ocorrer de forma remota ou mecânica. O *layout* é composto por 93 teclas dispostas em grupos de teclas: alfabéticas, de letras acentuadas, numéricas, de funções e de comunicação alternativa e ampliada. O acionamento remoto ocorre através do movimento da cabeça com o acionamento de receptores de sinal infravermelho localizados nas teclas do teclado. Para tanto, um módulo emissor de sinal infravermelho é fixado externamente à testa do usuário em um suporte tipo boné. Testes com voluntários indicaram que um receptor pode ser acionado a uma distância máxima de 40 cm, com angulação de até 15°. Após um treinamento de 10 min, o momento médio da seleção de teclas foi reduzido em 10,3%. O acionamento manual ocorre de maneira semelhante ao teclado de computador convencional. A interface gráfica comporta qualquer *software*; porém, como o objetivo é auxiliar portadores de paralisia cerebral com capacidade cognitiva preservada, o sistema também contém *softwares* de comunicação alternativa. O dispositivo apresenta características de qualidade e curto tempo de resposta, facilidade de utilização, além de ser de fácil transporte.

Diretores: comunicação alternativa, teclado alternativo, interface homem-máquina, paralisia cerebral, prancha de comunicação, tecnologia assistiva.

ABSTRACT

In this paper, it is presented a computerized, alternative communication tool to be used by people having cerebral palsy with preserved cognitive capacity. This tool consists of a portable system having a special keyboard activated by the graphic interface and movement of head. The keyboard layout was especially designed for the alternative communication and its activation may occur either remotely or mechanically. The layout comprises 93 keys positioned into key-groups: alphabetical, numeric, functions, accented letters and alternative communication and mouse commands. The remote activation takes place through the movement of head with the activation of infrared signal receivers located on the keys of the board. Therefore, an emitting module of infrared signal is attached externally to the user's forehead through a band support. Tests carried out with volunteers have indicated that a receiver can be activated at a minimum distance of 40 cm, with an angle of up to 15°. After a 10 min training, the average selection moment was reduced by 10.3%. The manual activation takes place identically to the keyboard of a conventional computer. The graphic interface supports any software; however, as the goal is to help people having cerebral palsy with preserved cognitive capacity, the system also contains alternative communication softwares. Besides being easily carried, the device shows features of quality, short-time response and easiness of use.

Keywords: alternative communication, alternative keyboard, man-machine interface, cerebral palsy, communication board, assistive technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Palavra formada a partir de Símbolos Bliss	9
Figura □ - Símbolos PIC representando respectivamente as palavras “mãe”, “pergunta” e “horas”	10
Figura 3 - Sistema de símbolos PCS representando as palavras “mãe”, “casa” e “alegre”	10
Figura 4 - Sistema de símbolos da Linguagem Visual Brasileira de Comunicação Alternativa representando as palavras “apressadamente”, “oi” e “álbum de fotografias”	11
Figura 5 - Pastas para pranchas de comunicação alternativa, em: (A) prancha de comunicação em pasta tamanho ofício, em (B) prancha de comunicação em carteira de bolso, em (C) pastas especiais para comunicação	1□
Figura 6 - Prancha de Comunicação de Letras	13
Figura 7 - Prancha de Comunicação baseada no sistema de símbolos PIC	14
Figura 8 - Prancha de comunicação com símbolos PCS	14
Figura 9 - Prancha de comunicação alternativa	15
Figura 10 - Prancha pictográfica para comunicação alternativa com auxílio do computador	16
Figura 11 - Comunicadores comerciais, em (A) o <i>Lightwriter</i> e em (B) o <i>GoTalk</i>	17
Figura 1□ - Teclado de comunicação alternativa	18
Figura 13 - Teclado ampliado.....	19
Figura 14 - Acionador de teclado. Em (A), ponteira e, em (B), ponteira adaptada à cabeça	19
Figura 15 - Teclado Virtual com Predição de Palavras	□0
Figura 16 - Interface do ETM	□1
Figura 17 - Tela do ETM Voice	□1
Figura 18 - <i>Mouse</i> RCT com botões de toque RCT.....	□□
Figura 19 - <i>Mouse</i> ativado pelo movimento dos olhos	□□
Figura □0 - Controle do Cursor do <i>Mouse</i> pelo Movimento da Cabeça Usando Câmera CCD e Processamento de Sinais.....	□3
Figura □1 - Mouse Controlado pelo Rastreamento do Movimento dos Olhos	□3
Figura □□ - Dispositivos de acesso ao computador, em (A) <i>tracon ball</i> e em (B) um <i>joystick</i>	□4
Figura □3 - Acionador de cabeça adaptado à cadeira de rodas	□4
Figura □4 - <i>Layouts</i> de teclados: em (A) QWERTY, em (B) Dvorak para duas mãos, em (C) Dvorak para a mão direita e em (D) Chubon	□6
Figura □5 - Resultado de um teste usando o <i>software Dasher Stable Release</i>	□7
Figura □6 - Representação do <i>layout</i> do Sistema Portátil de Comunicação Alternativa	□9
Figura □7 - Diagrama de blocos do teclado especial	30

Figura 28 - Diagrama de blocos do módulo emissor do Sistema Portátil de Comunicação Alternativa	31
Figura 29 - Representação do trem de pulsos gerado pelo módulo emissor	31
Figura 30 - Padrão de radiação típico do LED55B de sinal	32
Figura 31 - Representação do módulo emissor do acionamento remoto do módulo emissor	31
Figura 32 - Esquema do circuito eletrônico do módulo emissor	33
Figura 33 - Diagrama de blocos do módulo receptor Sistema Portátil de Comunicação Alternativa	34
Figura 34 - Diagrama do sensor receptor de infravermelho GP1UV701QS	35
Figura 35 - Esquemático do sensor receptor de sinal infravermelho	35
Figura 36 - Pulsos de saída do sensor receptor de sinal infravermelho	36
Figura 37 - Esquema eletrônico de uma tecla do teclado especial da placa do módulo receptor desenvolvida no Proteus	37
Figura 38 - Chave tátil	38
Figura 39 - Esquema eletrônico do gerador de sinal para acionamento manual das teclas	38
Figura 40 - Diagrama de blocos de interfaceamento do acionamento teclado especial com o restante do <i>hardware</i> do sistema	38
Figura 41 - Placa modelo WAFER – LX-800 da IEI Technology Corp.	40
Figura 42 - Fonte de Alimentação ACE – 855ARS da ICP Electronics, Inc.	40
Figura 43 - Leitor de CD, marca Sony	41
Figura 44 - Disco rígido de 2,5", modelo HM080HC, marca Samsung	41
Figura 45 - Tela de LCD, modelo G15XG01 do fabricante AU Optronics, Inc.	41
Figura 46 - Mini Teclado	42
Figura 47 - Diagrama de blocos do <i>firmware</i>	43
Figura 48 - Fluxograma simplificado do programa	44
Figura 49 - Fluxograma do <i>firmware</i> dos microcontroladores geradores de sinal	45
Figura 50 - Medidor de energia 3 Sigma Single - Channel da marca Coherent e sensor PM10 da marca Power Max	57
Figura 51 - Dispositivo desenvolvido para verificar a variação da intensidade luminosa de sinal infravermelho emitida, em função da distância entre emissor e receptor. Em (A) a representação do sensor PM10 e em (B) a representação do medidor 3 Sigma Single – Channel	51
Figura 52 - Emissor de radiação infravermelha adaptado em tubo preto	52
Figura 53 - Representação do teclado testes em matriz 3x3	53
Figura 54 - Representação da tecla utilizada para o cálculo do índice de dificuldade de uso do teclado.....	58
Figura 55 - Gráfico da intensidade luminosa vs. distância do receptor infravermelho	62
Figura 56 - Gráfico da tensão de saída do receptor vs. deslocamento angular	64
Figura 57 - Protótipo 1 do Teclado Especial com acionamento remoto	65
Figura 58 - Protótipo 2 do Teclado Especial com acionamento remoto e manual	66

Figura 59 - Teclado Especial do Sistema Portátil de Comunicação Alternativa com acionamento remoto e manual	66
Figura 60 - Fotos do gabinete contendo a placa mãe, disco rígido, áudio, drive de CD. Em (A) vista superior do gabinete aberto e em (B) vista lateral do gabinete aberto	67
Figura 61 - Fotos do gabinete (A) uma vista lateral direita do gabinete. Em (B) uma vista do mini teclado sendo retirado de dentro do gabinete.....	67
Figura 62 - Fotos do gabinete contendo placa controladora em (A) e teclado em (B)	68
Figura 63 - Fotos do gabinete do Sistema Portátil de Comunicação Alternativa	68
Figura 64 - Representação da média de aprovação das características das 10 perguntas do Quadro1 vs. voluntárias	70
Figura 65 - Representação da taxa de aprovação (em percentual) da facilidade de localização dos grupos de teclas e separação das teclas em grupos vs. voluntárias	73
Figura 66 - Representação do tamanho adequado do teclado, teclas alfabéticas, numéricas, de funções e especiais de comunicação vs. voluntárias	73
Figura 67 - Representação da aceitação do tamanho de caracteres das teclas alfabéticas, numéricas, teclas de funções e especiais de comunicação vs. voluntárias	74
Figura 68 - Representação dos resultados relativos à facilidade de visualização das teclas: alfabéticas, numéricas, de funções, especiais de comunicação e ícones vs. voluntárias	74
Figura 69 - Representação das cores dos caracteres, dos fundos das teclas e diferenciadas vs. voluntárias	75
Figura 70 - Representação em porcentagem do uso de letras ampliadas vs. voluntárias	75
Figura 71 - Representação do nível de facilitação de compreensão do <i>layout</i> pelas voluntárias ...	76
Figura 72 - Representação do <i>layout</i> de teclado de comunicação alternativa para prancha de comunicação	78
Figura 73 - Representação do posicionamento do LED (círculo verde) e do receptor de sinal infravermelho (círculo cinza) em uma tecla de comunicação alternativa em (A) e em uma tecla numérica em (B).....	79
Figura 74 - Tempo (s) de seleção da seqüência numérica crescente de 1 a 9, sem treinamento em cinza claro e com treinamento em cinza escuro vs. voluntários	80
Figura 75 - Tempo (s) de seleção da palavra “Obrigado“, sem treinamento em cinza claro e com treinamento em cinza escuro vs. voluntários	80
Figura 76 - Tempo (s) de seleção da tecla de comunicação alternativa e aumentativa contendo a palavra “Obrigado“, sem treinamento em cinza claro e com treinamento em cinza escuro vs. voluntários	81
Figura 77 - Representação dos resultados relativos ao tamanho do dispositivo, teclas e teclado vs. voluntárias	82
Figura 78 - Representação dos resultados relativos uso diário do sistema vs. voluntárias	82
Figura 79 - Representação dos resultados relativos a facilidade de colocar a faixa e movimentar a cabeça usando a faixa vs. voluntárias	83

Figura 80 - Representação dos resultados relativos as características da faixa em termos de cor, leveza e tamanho vs. voluntárias	83
Figura 81 - Placa de circuito impresso do módulo emissor desenvolvida no Protel	101
Figura 82 - Placa de circuito impresso do módulo receptor desenvolvida no Proteus	101
Figura 83 - Placa de circuito impresso da placa controladora desenvolvida no Proteus	102
Figura 84 - Esquema eletrônico da Placa Controladora	103
Figura 85 - Layout teste 1 do teclado especial	104
Figura 86 - Layout teste 2 do teclado especial	105
Figura 87 - Layout teste 3 do teclado especial	106
Figura 88 - Layout teste 4 do teclado especial	107
Figura 89 - Layout teste 5 do teclado especial	108
Figura 90 - Layout teste 6 do teclado especial	109

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Porcentagem de características comuns escolhidas pelas participantes do estudo.....	70
Tabela 1 - Quantidade de palavras e frases escolhidas pelas voluntárias	77

LISTA DE ABREVIATURAS

A/D	Conversão Analógica / Digital
CI	Circuito Integrado
GND	<i>Ground</i> – Terra
I/O	<i>Input / Output</i> - Entrada / Saída
IR	<i>Infrared</i> – Infravermelho
PC	Computador Pessoal – Computador Pessoal
PCS	<i>Picture Communication Symbols</i>
PIC	<i>Pictogram Ideogram Communication System</i>
PIC	Controlador Integrado de Periféricos
RF	<i>Radio Frequency</i> – Radio Frequência
VCC	<i>Positive Suply Voltage</i> – Fonte Positiva de Tensão
TTL	Padrão de sinal digital com tensão entre 0 a 5V

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO	1
1.1 Objetivos	3
1.1.1 Objetivo Geral	3
1.1.□ Objetivos Específicos	3
1.□ Estrutura do Documento	4
CAPÍTULO 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	5
□1 Paralisia Cerebral	5
□1.1 Causas da Paralisia Cerebral	5
□1.□ Manifestações Clínicas de Paralisia Cerebral	6
□1.□1 Paralisia Cerebral Piramidal	6
□1.□□ Paralisia Cerebral Extrapiramidal	7
□1.□3 Paralisia Cerebral do Tipo Misto	7
□□ Comunicação Alternativa	8
□□1 Sistemas Gráficos	8
□□1.1 Pranchas de Comunicação	11
□□□ Comunicadores	16
□□3 Sistemas Informatizados	18
□□3.1 Teclados para Comunicação Alternativa	18
□□3.□ Mouses para Comunicação Alternativa	□1
□□3.3 Outros Dispositivos de Acesso ao Computador para Comunicação Alternativa	□4
□3 Layouts de Teclados	□5
CAPÍTULO 3 METODOLOGIA	29
3.1 Teclado Especial	30
3.1.1 Acionamento Remoto do Teclado Especial	30
3.1.1.1 Módulo Emissor do Acionamento Remoto do Teclado Especial	30
3.1.1.□1 Módulo Receptor do Acionamento Remoto do Teclado Especial	34
3.1.□ Acionamento Manual do Teclado Especial	37
3.□ Placa Controladora do Teclado Especial	38
3.3 Placa Mãe	39
3.4 Fonte de Alimentação	40
3.5 Drive de Leitura de CD	40
3.6 Disco Rígido	41
3.7 Tela de LCD	41
3.8 Mini Teclado	4□
3.9 Softwares do Sistema Portátil de Comunicação Alternativa	4□

3.9.1 <i>Firmwares</i>	4□
3.9.1.1 <i>Firmware</i> do Microcontrolador Principal	4□
3.9.1.□ <i>Firmware</i> dos Microcontroladores Geradores de Sinal	45
3.9.□ <i>Softwares</i> de Comunicação Alternativa	46
3.10 <i>Layout</i> do Teclado Especial	46
3.11 Testes	50
3.11.1 Testes de Bancada	50
3.10.1.1 Testes de Bancada com Sensores	50
3.10.1.1.1 Testes de Bancada com o Emissor	50
3.11.1.1.□ Testes de Bancada com os Receptores	5□
3.11.1.□ Testes de Bancada com os Protótipos Eletrônicos do Teclado Especial	53
3.11.1.3 Testes de Bancada de Interação do Teclado Especial com o Sistema	53
3.11.1.4 Testes de Bancada de Interação de <i>Hardware</i> e <i>Software</i>	54
3.11.□ Testes Práticos com Voluntários	54
3.11.□1 Protocolo 1.....	54
3.11.□1.1 Protocolo 1 – Fase 1	55
3.11.□1.□ Protocolo 1 – Fase □	55
3.1□□1 Protocolo □	55
3.1□3 Avaliação da Facilidade de Uso e Transporte do Sistema	56
3.1□4 Avaliação do Índice de Dificuldade de Usos do Teclado Especial	57
3.1□ Riscos Oferecidos aos Voluntários	58
CAPÍTULO 4 RESULTADOS	61
4.1 Resultados dos Testes de Bancada	61
4.1.1 Resultados dos Testes de Bancada com Sensores	61
4.1.1.1 Resultados dos Testes de Bancada com o Emissor	61
4.1.1.□ Resultados dos Testes de Bancada com os Receptores	63
4.1.□ Resultados dos Testes de Bancada com os Protótipos Eletrônicos do Teclado Especial	64
4.1.3 Resultados dos Testes de Bancada de Interação do Teclado Especial com o Sistema	66
4.1.4 Resultados dos Testes de Bancada de Interação de <i>Hardware</i> e <i>Software</i>	69
4.□ Resultados dos Testes com Voluntários	69
4.□1 Resultados dos Testes com Voluntários - Protocolo 1	69
4.□1.1 Resultados dos Testes com Voluntários - Protocolo 1 – Fase 1 para Validação do <i>Layout</i> de Teclado de Comunicação Alternativa e Aumentativa	69
4.□1.□ Resultados dos Testes com Voluntários - Protocolo 1 – Fase □ para Validação do <i>Layout</i> de Teclado de Comunicação Alternativa e Aumentativa	71
4.□□ Resultados dos Testes com Voluntários - Protocolo □ com o Sistema Portátil de Comunicação Alternativa	79
4.□3 Resultados da Avaliação da Facilidade de Uso e Transporte do Sistema	81

CAPÍTULO 5 DISCUSSÃO	85
5.1 <i>Design</i> do Teclado	85
5.□ Acionamento Via Sinal Infravermelho	86
5.3 Módulo Emissor de Sinal Infravermelho	87
5.3.1 Circuito Eletrônico	87
5.3.□ Dispositivo Óptico	87
5.4 Módulo Receptor de Sinal Infravermelho	88
5.5 Acionamento Manual	88
5.6 Resultados dos testes com voluntários utilizando o sistema	88
 CAPÍTULO 6 CONCLUSÕES	 91
 REFERÊNCIAS	 95
 APÊNDICES	 101
APÊNDICE 1 - Placas de Circuito Impresso	101
APÊNDICE 2 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - Protocolo 1	111
APÊNDICE 3 - Questionário 1	113
APÊNDICE 4 - Questionário 2	115
APÊNDICE 5 - Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - Protocolo 2	119
APÊNDICE 6 - Ficha de Testes	121
APÊNDICE 7 - Relatório de Treinamento	125
APÊNDICE 8 - Questionário de Avaliação do Dispositivo	127

CAPÍTULO 1

INTRODUÇÃO

Vivendo em sociedade, o homem necessita adaptar-se a fatores importantes. Um desses fatores é a comunicação que, segundo LEDESMA e DEL TORO (2004), “é uma necessidade básica do ser humano”.

A comunicação envolve um rico entrelaçamento de informações, que são transmitidas por meio de elementos motores, de expressão emocional e vocalizações. Inclui tanto aspectos verbais quanto não verbais, podendo inclusive ocorrer sem linguagem (BOONE e PLANTE, 1994).

A grande maioria dos indivíduos utiliza suas habilidades de comunicação e linguagem, adquiridas ao longo de sua existência, com pouco esforço. Geralmente, uma mensagem ou má interpretação, pode ser facilmente corrigida (BOONE e PLANTE, 1994).

Segundo COCKERILL e CARROLL-FEW (2001), a “habilidade de se comunicar é o maior fator de qualidade de vida”. Pessoas que não possuem ou perderam a capacidade de comunicação normal necessitam de auxílio para que se possam fazer entender. Esse auxílio pode vir da tecnologia assistiva, mais especificamente, da área denominada comunicação alternativa e aumentativa.

No Brasil, o termo comunicação alternativa e aumentativa é usado como sinônimo de comunicação alternativa suplementar e comunicação alternativa e ampliada. O referido termo define outras formas de comunicação, além da comunicação convencional, como o uso de sinais manuais, expressões faciais, pranchas de comunicação de símbolos gráficos, além de sistemas sofisticados de computação (PELOSI, 2000).

Segundo WERNER e HELT (2003), “crianças e adultos com patologias que comprometem a aquisição e/ou desenvolvimento da linguagem, fala e escrita são os que mais podem se beneficiar da comunicação alternativa, quer seja temporária ou permanentemente”.

Estudos científicos e a estatística de portadores de paralisia cerebral justificam as iniciativas de criação de dispositivos de auxílio à comunicação dessas pessoas. O Censo Demográfico de 2000 indica que cerca de

24,5 milhões de brasileiros possuem algum tipo de deficiência. Desta população, cerca de 30.000 a 40.000 são crianças diagnosticadas como portadoras de paralisia cerebral (SOUZA e FERRARETTO, 2001).

Em 1955, Floyer estudou 72 crianças portadoras de paralisia cerebral, 36 meninos e 36 meninas, com idade mental acima de 6 anos e 6 meses. O mesmo estudo foi realizado com crianças consideradas saudáveis na mesma faixa de idade. A comparação dos resultados sugeriu que a deficiência numa criança com paralisia cerebral pode ser considerada como um atraso no chamado desenvolvimento intelectual (VALENTE, 1987).

Um estudo realizado nos Estados Unidos, onde 100 crianças portadoras de paralisia cerebral realizaram o teste de inteligência de Binet, mostrou que aproximadamente 45% das crianças tinham um QI (quociente de inteligência) abaixo de 70 e 28% tinham um QI acima de 90 (VALENTE, 1987). Esses dados foram comparados com o QI médio de crianças hígdas que é de 68 (VALENTE, 1987).

Segundo SOUZA E FERRARETTO (2001), cerca de 70% das pessoas portadoras de paralisia cerebral não apresentam associação com deficiência mental. Em geral, a capacidade cognitiva dos portadores da patologia apresenta condições favoráveis de aprendizagem. Para tanto, são necessários estímulos adequados durante a fase de desenvolvimento neurológico, psicológico, sensorial e motor desses indivíduos.

Com o constante e rápido desenvolvimento da informática, o computador pessoal passa a fazer parte da realidade acessível da maioria das pessoas e instituições de ensino. Portanto, essa facilidade de acesso ao computador permite uma aliança dessa potencial ferramenta com os sistemas de comunicação alternativa e aumentativa (WERNER e HELT, 2003).

Segundo COCKERILL (2002), “crianças com limitações de fala que usam computadores para se comunicar oralmente são mais inteligentes que crianças com limitações de fala que usam sistemas tradicionais de comunicação, como, por exemplo, o uso de cartas de comunicação”.

Adicionalmente às técnicas convencionais de acesso ao computador, novas técnicas estão sendo desenvolvidas para auxiliar pessoas com deficiências físicas e motoras (LOW e BEUKELMAN, 1989).

Dentre essas técnicas, pode-se fazer o uso de comandos via sinal infravermelho para acionar os periféricos de acesso ao computador. Essa técnica já

faz parte do cotidiano dos seres humanos, desde os controles remotos de televisão, portões eletrônicos, alarmes automotivos e residenciais, até aplicações mais sofisticadas, como em meteorologia, fotografias e filmagens no escuro, indústria bélica, aplicações aeroespaciais e na medicina para tratamento e diagnóstico de doenças (HECHT, 2002 e JORDAN et al., 2004a).

Motivado por esta realidade e a necessidade de desenvolvimento de dispositivos de comunicação alternativa, com adaptações e custo adequados à realidade brasileira, propõe-se um Sistema Portátil de Comunicação Alternativa. Trata-se de um sistema portátil informatizado, constituído por um teclado especial com acionamento manual e remoto via sinal infravermelho, com *layout* especialmente projetado para comunicação alternativa. Portanto, é uma potencial ferramenta de comunicação alternativa, com inovações em termos de acionamento remoto e *layout*, para ser utilizada por portadores de paralisia cerebral com capacidade cognitiva preservada.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral da pesquisa consiste no desenvolvimento de um dispositivo portátil de comunicação alternativa, contendo um teclado ativado pelo movimento da cabeça e uma interface gráfica, destinado a portadores de paralisia cerebral com capacidade cognitiva preservada.

1.1.2 Objetivos Específicos

Os objetivos específicos do projeto englobam:

- (1) desenvolver um método físico de interação cabeça-teclado empregando sensores ópticos;
- (2) projetar a arquitetura eletrônica e o *firmware* do teclado especial de comunicação alternativa;

- (3) desenvolver uma proposta de teclado de comunicação estabelecendo teclas de funções e de controle, e teclas especiais de comunicação;
- (4) avaliar a usabilidade do sistema.

1.2 Estrutura do Documento

Este documento está estruturado em 7 capítulos, respectivamente: introdução, fundamentação teórica, metodologia, resultados parciais, discussões, conclusões e referências. No primeiro capítulo, caracteriza-se o problema e definem-se os objetivos geral e específicos.

Como o projeto envolve várias áreas de conhecimento, no segundo capítulo apresenta-se um referencial teórico a respeito de paralisia cerebral, comunicação alternativa, componentes do computador, *layouts* de teclados e lei de *Fitt*.

O terceiro capítulo contempla a metodologia desenvolvida para a realização do projeto, tanto em termos de *hardware* como de *software* para compor o sistema portátil.

Os resultados de avaliação são apresentados no capítulo 4, seguido pelos capítulos de discussão e conclusões.

CAPÍTULO 2

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Paralisia Cerebral

O termo paralisia cerebral descreve uma patologia intimamente relacionada com distúrbios de funcionamento do Sistema Nervoso. Ela é definida por SOUZA e FERRARETTO (2001) como “um grupo não progressivo, mas frequentemente mutável, de distúrbio motor (tônus e postura), secundário à lesão do cérebro em desenvolvimento. O evento lesivo pode ocorrer no período pré, peri ou pós-natal”.

Existe muita controvérsia entre diversos autores no sentido de definir a faixa etária que determina a época de maturação neurológica do encéfalo (MASSI, 2001). Tomando-se como base a pesquisa de Batshaw (1990), a idade de maturação ocorre por volta dos 16 anos de idade.

Nos últimos anos, a incidência mundial de portadores de paralisia cerebral tem se mantido constante, cerca de 1,5 a 2,5 por 1000 nascidos vivos. Tanto as melhores condições de atendimento materno-infantil diminuem o risco de agressão neurológica a crianças nascidas a termo, quanto o avanço médico-tecnológico favorecem à sobrevivência de pré-termos extremos. Sua incidência em prematuros com menos de 1,5 kg é de 25 a 31 vezes maior que entre nascidos a termo (GIANNI, 2003).

2.1.1 Causas da Paralisia Cerebral

A paralisia cerebral pode ter origem a partir de centenas de doenças que afetam o desenvolvimento cerebral. Cerca de 60% dos casos de paralisia cerebral têm suas origens identificáveis (BATSHAW, 1990). As causas variam de acordo com o período pré-natal durante o parto e o período pós-natal.

Durante o período pré-natal, podem ocorrer no feto: degeneração do cérebro, faltar circulação sanguínea, hemorragias no cérebro, exposição à radiação ou drogas teratogênicas, infecções intra-uterinas e anormalidades cromossômicas, que podem causar paralisia cerebral (FISCHINGER, 1984).

Complicações com trabalho de parto, como: asfixia, longa duração do parto, parto com fórceps, hemorragias cerebrais causadas por estreitamento da bacia, assim como um parto prematuro, podem causar paralisia cerebral (FISCHINGER, 1984 e BATSHAW, 1990).

No período pós-natal, a paralisia cerebral pode ser causada por infecções, inflamações ou abscessos no cérebro, ingestão de venenos, traumatismos cranioencefálicos e semi-afogamentos (FISCHINGER, 1984 e GIANNI, 2003).

2.1.2 Manifestações Clínicas da Paralisia Cerebral

Quanto à forma clínica de manifestação, existem várias classificações para a paralisia cerebral. A classificação em três grupos foi escolhida por se enquadrar dentro das necessidades do estudo em questão. Os três grupos, segundo Batshaw (1990) são os seguintes: o piramidal, o extrapiramidal e o tipo misto.

2.1.2.1 Paralisia Cerebral Piramidal

A paralisia cerebral piramidal, também chamada de espástica, é a manifestação clínica mais comum de paralisia cerebral, com incidência de cerca de 70% (SOUZA e FERRARETO, 2001).

A principal característica dessa manifestação de paralisia refere-se à hipertonia muscular relacionada à velocidade de movimentos (GIANNI, 2003). A espasticidade verifica-se quando, por exemplo, um membro qualquer é movido, a resistência inicial é forte, porém, de forma abrupta, o membro se fecha no fenômeno chamado de canivete, o que prejudica os movimentos normais (BATSHAW, 1990). As diferentes partes do corpo podem ser afetadas pela paralisia cerebral de acordo com a localização da lesão. Quando os movimentos dos membros inferiores são mais afetados do que o movimento dos membros superiores, tem-se a chamada diplegia espástica. Entretanto, quando apenas os membros inferiores são afetados, a condição recebe o nome de paraplegia (BATSHAW, 1990).

A hemiplegia espástica pode ainda ser dividida em esquerda e direita, de acordo com o lado contrário do trauma sofrido. Geralmente, neste tipo de hemiplegia, o membro superior é mais afetado do que o membro inferior (GIANNI, 2003).

A quadriplegia é a paralisia cerebral espástica ocasionada por um grande dano no córtex cerebral (BASTHAW, 1990). Nesse tipo de paralisia cerebral, os quatro membros e o torso são envolvidos. Esses casos são mais graves, pois o uso funcional dos membros superiores e a deambulação são pouco frequentes (GIANNI, 2003).

2.1.2.2 Paralisia Cerebral Extrapiramidal

A paralisia cerebral extrapiramidal é o segundo tipo mais comum de paralisia cerebral (SOUZA e FERRARETO, 2001). Nesse tipo, a lesão ocorre nas trajetórias externas do trato piramidal, responsáveis pelo controle dos movimentos. Por sua vez, essas trajetórias passam através do gânglio basal, local onde a maior parte de danos acontece. A perda de oxigenação durante o trabalho de parto pode causar esse tipo de paralisia cerebral (BATSHAW, 1990).

Chama-se corioatetóide ao tipo mais comum de paralisia cerebral extrapiramidal. Cerca de 15% a 20% dos portadores apresentam movimentos involuntários abruptos dos membros superiores e inferiores. Além da dificuldade de controle de movimentos, existe dificuldade de manutenção de postura do indivíduo, acarretando em posturas bizarras (GIANNI, 2003).

Os músculos faciais são os mais afetados nesse tipo de paralisia cerebral, causando dificuldades para sugar, engolir, sorrir e falar. Quando se tenta flexionar o membro superior, encontra-se a chamada rigidez de chumbo. Nesse tipo de paralisia cerebral, existe uma variabilidade muito grande do tônus, aumentado ou diminuindo de uma hora para outra (BATSHAW, 1990).

Existem outras formas de paralisia extrapiramidal: as rígidas e as atônicas. A paralisia cerebral rígida é caracterizada pelo chamado tubo de chumbo ou amaleabilidade, enquanto a paralisia cerebral atônica caracteriza-se pelos músculos flácidos (BATSHAW, 1990).

2.1.2.3 Paralisia Cerebral do Tipo Misto

A paralisia cerebral do tipo misto inclui elementos da paralisia cerebral piramidal e da paralisia cerebral extrapiramidal. Apesar de ser referida a 20% dos casos que apresentam sintomas de mais de um tipo clínico, no cotidiano, observa-

se que poucos portadores de paralisia cerebral apresentam características exclusivas de um tipo de paralisia cerebral (GIANNI, 2003□

Por exemplo, uma criança portadora de tal paralisia cerebral pode ter os membros superiores rígidos e os membros inferiores espásticos. Esse tipo de paralisia resulta de um dano cerebral frequentemente extensivo, podendo causar normalmente retardo mental além de outras deficiências de desenvolvimento (BATSHAW, 1990□

2.2 Comunicação Alternativa

Pessoas nas mais diferentes culturas através da história procuraram e procuram criar adaptações, utilizar ferramentas especiais e equipamentos para auxiliar pessoas com necessidades especiais. A tecnologia que utiliza essas formas de auxílio é a tecnologia assistiva (KING, 1999□

A tecnologia assistiva engloba várias áreas: comunicação alternativa e aumentativa, adaptações de acesso ao computador, equipamentos auxiliares à visão, fala e audição, adaptação de jogos e brincadeiras, adaptadores de posturas corporais, próteses, mobilidade alternativa e a integração dessas tecnologias em diferentes ambientes como casa, escola, comunidade e local de trabalho (PELOSI, 2000□

No presente estudo, um enfoque é destinado à comunicação alternativa; especialmente, aos sistemas gráficos contendo símbolos de comunicação alternativa e aumentativa, suas aplicações em pranchas de comunicação, além de equipamentos eletrônicos com ênfase em sistemas informatizados utilizados para auxiliar a comunicação.

2.2.1 Sistemas Gráficos

Somente na década de 70 a comunicação alternativa e aumentativa passou a ser vista como um método legítimo de comunicação. Principalmente, após o início da utilização dos sistemas gráficos que auxiliam a comunicação de pessoas sem linguagem oral.

Existem vários sistemas gráficos, com símbolos e logística própria. As fotos, desenhos de alta iconicidade, desenhos abstratos e a ortografia tradicional, fazem parte desses símbolos (FERNANDES, 2006□

No Brasil, os sistemas de símbolos gráficos mais conhecidos são: o Sistema de Símbolos Bliss, o *Pictogram Ideogram Communication System* (PIC□e o *Picture Communication Symbols* (PCS□ Geralmente, esses sistemas são apenas traduzidos e não adaptados à realidade brasileira.

O Sistema de Símbolos Bliss, criado por Charles K. Bliss em 1965, é um sistema gráfico formado por símbolos simples, chamados de elementos simbólicos. Não é necessário saber ler para usá-los. Seguem um sistema lógico e a combinação dos elementos básicos é usada para representar milhares de significados.

Existem três tipos de símbolos Bliss: os pictográficos, os arbitrários e os ideográficos. Os símbolos pictográficos são desenhos semelhantes ao que se deseja representar. Os símbolos arbitrários consistem de desenhos que não possuem relação pictográfica com o que se deseja representar. Os símbolos ideográficos são desenhos que correspondem à ideia do que se deseja simbolizar, criando uma associação gráfica entre símbolo e o conceito por ele representado (FERNANDES, 2006□

Os símbolos Bliss são representados geralmente na cor preta contratando com um fundo branco. Entretanto, a cor de fundo pode variar de acordo com a classe de palavras utilizadas. O fundo laranja é usado para nomes, amarelo para pessoas, verde para verbos, azul para adjetivos e rosa para expressões sociais. Para representar objetos ou ideias, os símbolos são agrupados.

Na Figura 1, pode-se observar a representação de uma palavra formada a partir de dois símbolos ideográficos do sistema Bliss, de acordo com Fernandes (2006□ Verifica-se que os elementos simbólicos “mulher” e “proteção” são adicionados para representar a palavra “mãe”.

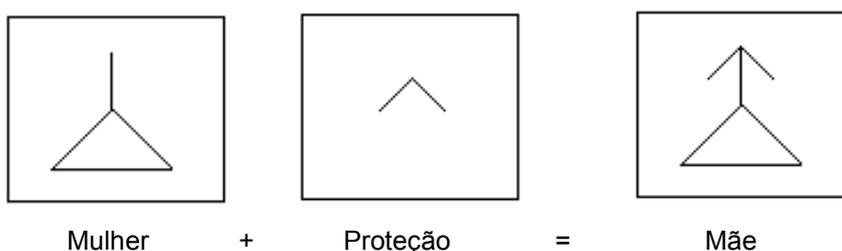


Figura 1 – Palavra formada a partir de Símbolos Bliss (FERNANDES, 2006□

O Sistema de Símbolos PIC, criado em 1980 por Maharaj, é um sistema com base pictográfica, composto por desenhos estilizados na cor branca sobre um fundo preto para representar o que se deseja expressar (ZYGO, 2008). Esse sistema gráfico é limitado, pois os símbolos não podem ser combinados (FERNANDES, 2006). Entretanto, é um sistema que possui símbolos visualizados facilmente, principalmente, por portadores de dificuldades visuais.

Na Figura 2, estão representados três símbolos PIC comercializados pelo fabricante Zygo (2008).

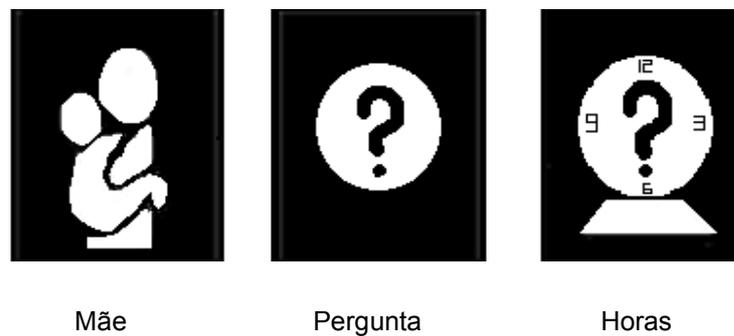


Figura 2 – Símbolos PIC representando respectivamente as palavras “mãe”, “pergunta” e “horas” (Zygo, 2008).

O sistema de símbolos PCS foi criado por Johnson em 1981, com o objetivo de auxiliar indivíduos com comprometimento da comunicação oral, que não conseguiam compreender sistemas gráficos ideográficos. Esse sistema gráfico adota a cor preta sobre um fundo branco ou cores específicas para cada classe de palavras. Outras cores podem ser usadas para grupos de palavras. A cor laranja é usada para nomes, amarelo para pessoas, verde para verbos, azul para adjetivos e rosa para expressões sociais (FERNANDES, 2006). A seguir, estão representados na Figura 3 símbolos PCS.

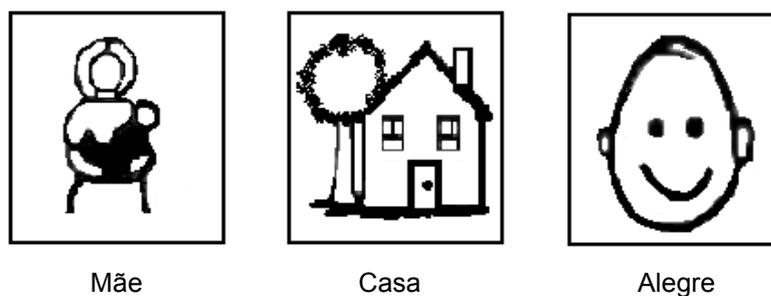


Figura 3 - Sistema de símbolos PCS representando as palavras “mãe”, “casa” e “alegre” (FERNANDES, 2006).

Na Figura 4 estão representadas as palavras “apressadamente”, “oi” e “álbum de fotografias” pertencentes ao projeto de pesquisa de Andreo, Piekas, Manffra e Nohama. Esses são símbolos da linguagem de comunicação, denominada Linguagem Visual Brasileira de Comunicação Alternativa¹ (JORDAN et al., 2004b e ANDREO et al., 2006□

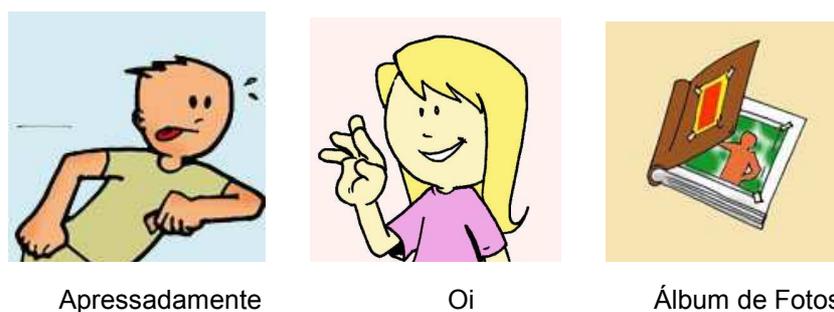


Figura 4 - Sistema de símbolos da Linguagem Visual Brasileira de Comunicação Alternativa representando as palavras “Apressadamente”, “Oi” e “Álbum de Fotos” (Jordan et al., 2004b e ANDREO et al., 2006□

2.2.1.1 Pranchas de Comunicação

No início dos anos 50, profissionais e pessoas com dificuldades severas de comunicação, começaram mesmo que intuitivamente a criar recursos auxiliares à comunicação. Foi a partir do esforço desses pesquisadores que surgiram as primeiras pranchas de comunicação (PELOSI, 2000□

As pranchas de comunicação podem ser montadas utilizando-se objetos ou símbolos, letras, sílabas, palavras, frases ou números. As pranchas de comunicação alternativa feitas a partir de conjuntos de símbolos gráficos, adotam os símbolos dos sistemas Bliss, PIC, PCS, ou qualquer outro sistema de símbolos (PELOSI, 2000□

Os mais variados materiais e formas podem ser usados para confeccionar as pranchas de comunicação. O tamanho dos símbolos ou qualquer outro tipo de representação pode ser adequado às dificuldades visuais do usuário.

As pranchas de comunicação mais simples podem ser feitas em folhas de papel soltas ou agrupadas em cadernos e álbuns ou mesmo com cartões colados em uma folha (PELOSI, 2000□

¹ Linguagem Visual Brasileira de Comunicação Alternativa é baseada em figuras, proposta pelo grupo de pesquisa do Dr. Nohama, no projeto AMPLISOFT envolvendo a UTFPR e a PUCPR, cujos softwares são distribuídos gratuitamente no endereço: <<http://www.ler.pucpr.br/amplisoft>>

Além dos símbolos gráficos, fotografias podem ser usadas para representar expressões, dispostas de acordo com a frequência de utilização pelo usuário, o que as torna personalizadas (SILVEIRA, 1996).

A prancha de comunicação constitui o principal auxílio técnico para pessoas com problemas de comunicação, podendo ser usada isolada ou em conjunto com outros apoios técnicos mais sofisticados (SANCLEMENTE, 2001). Esses apoios técnicos podem vir, tanto de equipamentos eletrônicos dedicados como as pranchas eletrônicas de comunicação, quanto da informática através de *softwares* e *hardwares* dedicados.

Na Figura 5, podem-se visualizar pranchas comercializadas pela empresa Mayer-Johnson (2008) em A, uma prancha de comunicação em pasta, em B prancha de comunicação em carteira de bolso e em C, pastas especiais para comunicação. Essas pranchas são simples, impressas em folhas soltas de papel. São versáteis e podem ser facilmente transportadas em pastas especiais ou na carteira.

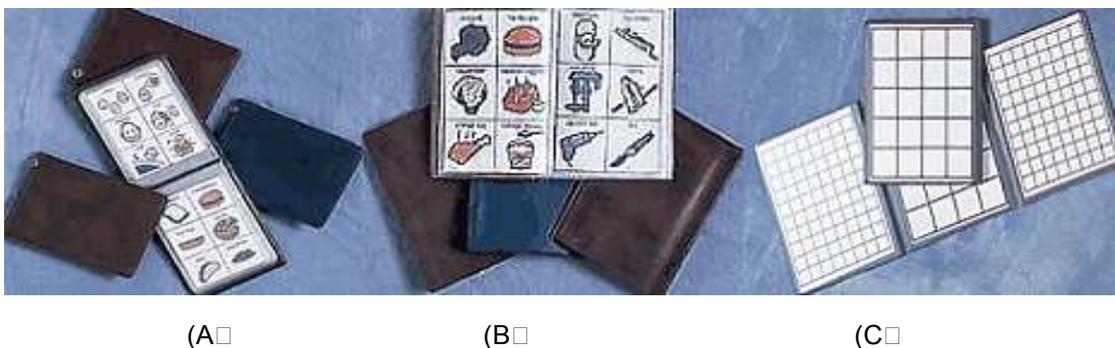


Figura 5 - Pastas para pranchas de comunicação, em: (A) uma prancha de comunicação em pasta tamanho ofício, (B) prancha de comunicação em carteira de bolso e (C) pastas especiais para comunicação (MAYER-JOHNSON, 2008).

Na Figura 6, ilustra-se uma prancha de comunicação de letras com sequência alfabética, pesquisada por Pelosi (2008). As pranchas de comunicação com letras, geralmente, seguem a sequência alfabética de cima para baixo, da esquerda para a direita.

As pranchas de comunicação de números, podem seguir a sequência crescente ou decrescente dos números de cima para baixo, da esquerda para a direita. Nota-se que cada letra é preta sobre fundo branco, para facilitar a visualização por pessoas com distúrbios visuais.

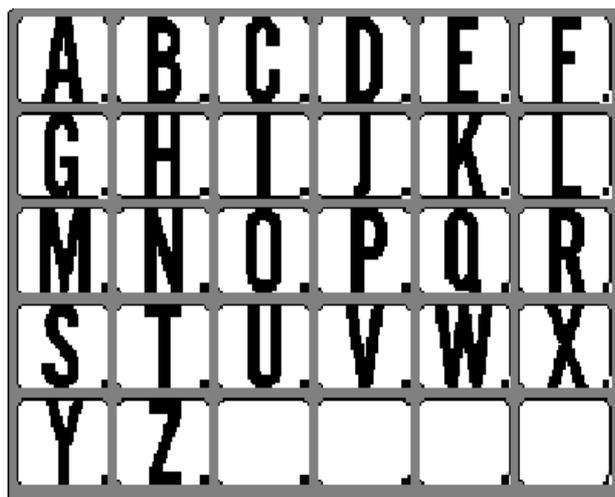


Figura 6 – Prancha de comunicação de Letras (PELOSI, 2008)

As pranchas eletrônicas de comunicação são projetadas com símbolos, fotos, representações e recursos eletrônicos que podem permitir inclusive a vocalização da representação selecionada. São dispositivos geralmente informatizados, complexos e de custo elevado.

Para selecionar a representação, essas pranchas podem dispor apenas de acionador ou acionador associado a *display*. As pranchas com acionador baseado em teclado de membrana possuem suas representações ajustadas em sequências e posições apropriadas como teclas convencionais para esse tipo de teclado. Essas pranchas são versáteis, possuindo muitas vezes vários *layouts* de representações que podem ser mudados de forma mecânica. Ao pressionar uma representação, a respectiva tecla será acionada e o significado da representação poderá ser visualizado e ouvido. No mercado nacional, pode-se adquirir pranchas importadas do fabricante Zygo, por cerca de R\$10.000,00 (CLIK, 2008)

As pranchas virtuais de comunicação são *softwares* que emulam na tela do computador uma prancha de comunicação com as mais variadas formas de representação. A grande maioria desses *softwares* são baseados em um tipo de símbolo gráfico de comunicação. Entretanto, devido às facilidades oferecidas pela informática, esses símbolos podem ser escolhidos e inclusive trocados de posição, de acordo com as necessidades e preferências do usuário. Elas podem ser adquiridas no mercado nacional por cerca de R\$ 680,00 a R\$2.000,00 (CLIK, 2008)

Na Figura 7, representa-se uma prancha de comunicação baseada no sistema de símbolos PIC, comercializada pela empresa Zygo (2008) por cerca de

R\$680,00. Observa-se a utilização das cores preta e branca, respectivamente para o fundo e símbolo gráfico. Esse tipo de prancha de comunicação é utilizado por usuários com dificuldades visuais.

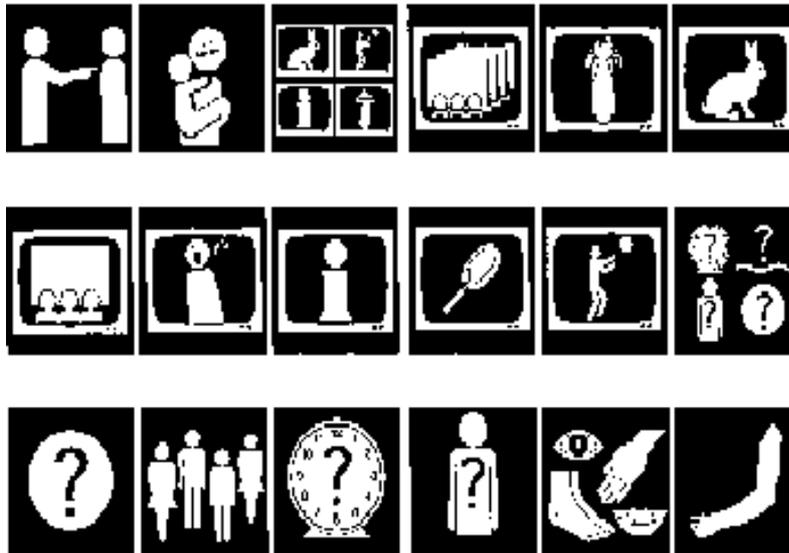


Figura 7 - Prancha de comunicação baseada no sistema de símbolos PIC (ZYGO, 2008)

A Figura 8 representa uma prancha de comunicação, comercializada pelo fabricante Mayer-Johnson (2008) por R\$ 1.000,00. Ela é baseada no sistema de símbolos PCS. Observa-se que essa prancha de comunicação, para ser utilizada por pessoas com pouco comprometimento visual, possui seus símbolos coloridos.



Figura 8 - Prancha de comunicação com de símbolos PCS (MAYER-JOHNSON, 2008)

No Brasil, existem aplicativos em português produzidos e distribuídos para *download* pelo Centro de Terapia Ocupacional do Rio de Janeiro, são eles: palavras, desenhos com vogais e animais. A seguir, na Figura 9 ilustra-se uma dessas pranchas de comunicação.

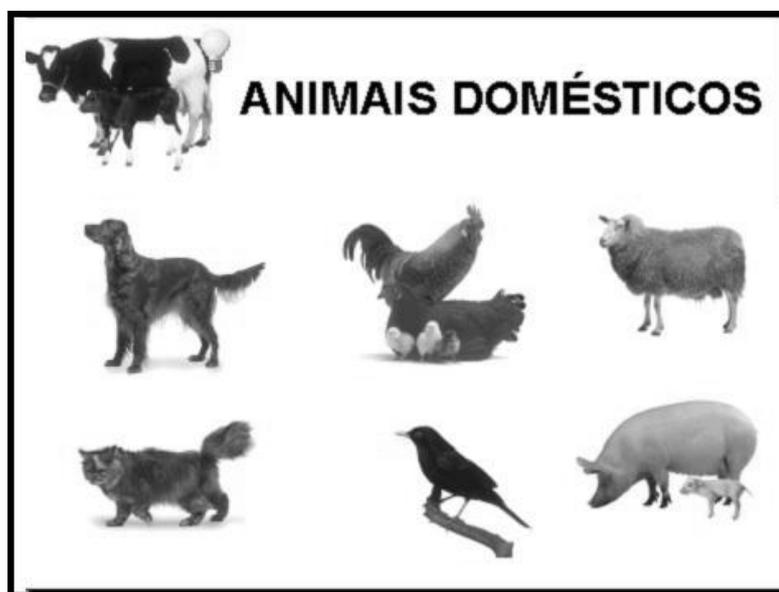


Figura 9 – Prancha de Comunicação Alternativa (PELOSI, 2008)

A prancha virtual de comunicação desenvolvida por Jordan et al. (2004b) denominada Amplisoft, constitui-se numa interface pictográfica desenvolvida para pessoas com problemas de comunicação. Ela é baseada na edição virtual de uma prancha de comunicação pictórica, por meio de *software* com predição simbólica, interação com sintetizador de voz e linguagem pictórica visual brasileira de comunicação, em desenvolvimento.

A Prancha Pictográfica para Comunicação Alternativa com Auxílio do Computador, está representada na Figura 10 (JORDAN et al., 2004b e ANDREO et al., 2006)

Pode-se utilizar em conjunto com as pranchas de comunicação, *softwares* de sintetização de voz. Um *software*, comercializado pela Microsoft, para sintetizar voz é o Microsoft Text-to-Speech. Esse *software* possui várias versões para *download*, inclusive em português. Pode-se escolher qual gênero de voz usar, feminina ou masculina. Esse é um dos avanços da informática que tem colaborado para ampliar as possibilidades de comunicação de pessoas com dificuldades de comunicação oral.

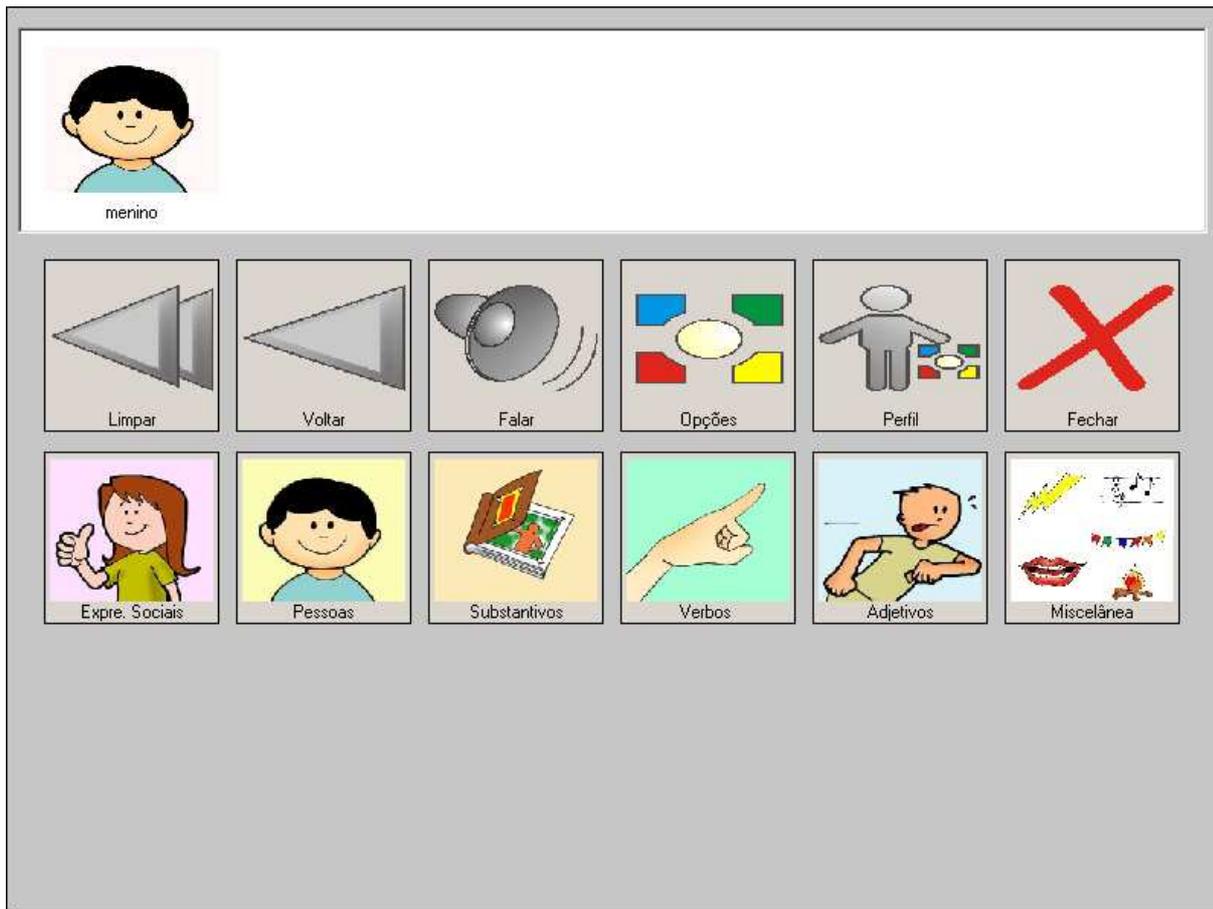


Figura 10 - Prancha Pictográfica para Comunicação Alternativa com Auxílio do Computador (JORDAN et al., 2004b e ANDREO et al., 2006)

2.2.2 Comunicadores

Existem no mercado vários modelos de dispositivos para comunicação alternativa projetados para serem usados por pessoas com dificuldades de comunicação oral.

Os comunicadores são dispositivos de comunicação alternativa que geralmente possuem teclas contendo letras, números ou símbolos que são vocalizados ao serem selecionadas. As marcas de comunicadores mais famosas internacionalmente, de acordo com a pesquisa realizada, são: Attainment, Dynavox, ItelliTools, Mayer-Johnson, Words-plus e Zygo.

Na Figura 11, em (A) pode-se mirar os comunicadores Lightwriter, fabricado pela ItelliTools (ITELLITOOLS, 2008) e em (B) o Comunicador GoTalk, fabricado pela Attainment (CLIK, 2008). Esses dispositivos podem ser adquiridos no mercado nacional por cerca de R\$ 1.500,00 (CLIK, 2008).



(A)



(B)

Figura 11 – Comunicadores comerciais, em (A) o Comunicador Lightwriter (ITELLITOOLS, 2008) e em (B) o Comunicador GoTalk (CLIK, 2008).

O comunicador LightWriter é um equipamento pequeno, leve e resistente. Possui um sintetizador de voz em português, reproduzindo todas as palavras digitadas no teclado. Possui dois visores opostos, o que permite uma conversa a dois. Memoriza frases inteiras de até 250 caracteres, em 36 posições. As palavras podem ser ampliadas e abreviadas de acordo com as preferências do usuário. Filtros de toque permitem a regulagem para evitar que toques repetidos atrapalhem a digitação. Possui tecla de campainha para chamar outra pessoa. Uma bateria interna recarregável de Ni-MH permite o uso contínuo de até 8 h após uma noite de recarga. Possui conexão de dispositivos opcionais como impressora, *scanner* ou outro teclado expandido (ITELLITOOLS, 2008).

O comunicador GoTalk é um recurso eletrônico de gravação e reprodução. As mensagens pré-gravadas são acessadas por teclas sobre as quais são colocadas imagens ou palavras, que correspondem ao conteúdo sonoro gravado. O teclado especial é constituído por 32 teclas. O *layout* do teclado pode ser configurado de acordo com as necessidades do usuário. Outra característica é a possibilidade de gravação de mensagens com duração variável de acordo (CLIK, 2008).

2.2.3 Sistemas Informatizados

Com o advento da computação, as tecnologias baseadas em computadores oferecem novas formas de comunicação alternativa e aumentativa (WHITE e MASSELLO, 1987). *Hardwares e softwares* especiais possibilitam que pessoas com deficiências físicas ou motoras tenham acesso ao uso do computador. Os principais dispositivos de *hardware* para comunicação alternativa referem-se a periféricos especiais de acesso ao computador. São eles os teclados, *mouses*, *joysticks*, *tracon balls* e *game paddles*.

2.2.3.1 Teclados para Comunicação Alternativa

Os teclados para comunicação alternativa podem seguir várias linhas de acionamento de suas teclas. Existem teclados de comunicação alternativa com acionamento manual semelhante ao teclado do computador convencional. Geralmente, esse tipo de teclado possui suas teclas ampliadas, além de letras também ampliadas para facilitar a visualização das mesmas, por portadores de deficiências visuais (WEBSTER et al., 1985).

Existem vários modelos de teclado de comunicação alternativa comercializados. Dentre eles, está o teclado IntelliKeys da Intellitools (2008), representado na Figura 12. Uma facilidade desse equipamento é permitir que o teclado e o mouse convencional permaneçam funcionando em paralelo, sem alterações. Esse equipamento pode ser adquirido no mercado nacional por cerca de R\$2.200,00 (CLIK, 2008).



Figura 12 - Teclado de comunicação alternativa (INTELLITOOLS, 2008).

A seguir, a Figura 13, apresenta uma representação do teclado ampliado desenvolvido por Cook e Hussey (2002). Observa-se a disposição das teclas numéricas na parte superior do teclado; teclas alfabéticas, *clear* e *enter*, agrupadas no lado direito do teclado e as setas, teclas especiais, *esc* e *ctrl*, agrupadas do lado esquerdo do teclado. Nota-se que mesmo tratando-se de um teclado ampliado o mesmo possui poucos recursos, o que limita o usuário a pequenas ações.

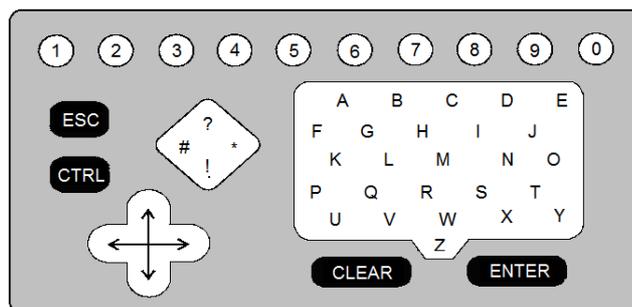


Figura 13 - Teclado ampliado.

Muitos desses teclados possuem acessórios de acionamento, para serem usados por indivíduos com déficit motor. Na Figura 14, pode-se observar dispositivos de acionamento do teclado, desenvolvidos por Cook e Hussey (2002). Em (A), ponteira e, em (B), ponteira adaptada à cabeça.



Figura 14 - Acionador de teclado. Em (A), ponteira e, em (B), ponteira adaptada à cabeça (COOK e HUSSEY, 2002).

Outro tipo de teclado, adequado para portadores de deficiência de membros superiores e deficiências motoras severas, é o teclado acionado remotamente. Como exemplo, pode-se citar a pesquisa desenvolvida com base na transmissão e recepção de sinal infravermelho e *laser*. Para tanto, um transmissor de sinal infravermelho em conjunto com *laser* foi adaptado em um par de óculos contendo vários receptores, um para cada tecla do teclado, foram adaptados a um teclado de

acionamento remoto que, por sua vez foi adaptado ao redor de um monitor de computador (CHEN et al., 1997).

Com o avanço tecnológico, uma outra forma de teclado está se tornando muito popular na área de comunicação alternativa. É o teclado virtual que emula na tela do computador as teclas do computador convencional. O acionamento dessas teclas ocorre através de apenas uma tecla do teclado convencional, enquanto o teclado virtual funciona a partir do processo de varredura das teclas, ou mesmo através de alguma chave especial adaptada ao computador.

O projeto “Teclado Virtual com Predição de Palavras”, representado na Figura 15, é um exemplo do referido tipo de teclado. Para o projeto, foi desenvolvido um *software* que emula na tela do computador um teclado virtual com predição de palavras (MATIAS e NOHAMA, 2003). Esse é um teclado muito versátil, pois através de alterações de configurações do teclado, pode-se ampliar ou diminuir o tamanho da tecla, dos caracteres, além da possibilidade de alteração das cores do teclado, teclas e caracteres. O dispositivo apresenta ainda possibilidade de vocalização para ser usado por indivíduos com dificuldades de comunicação oral.

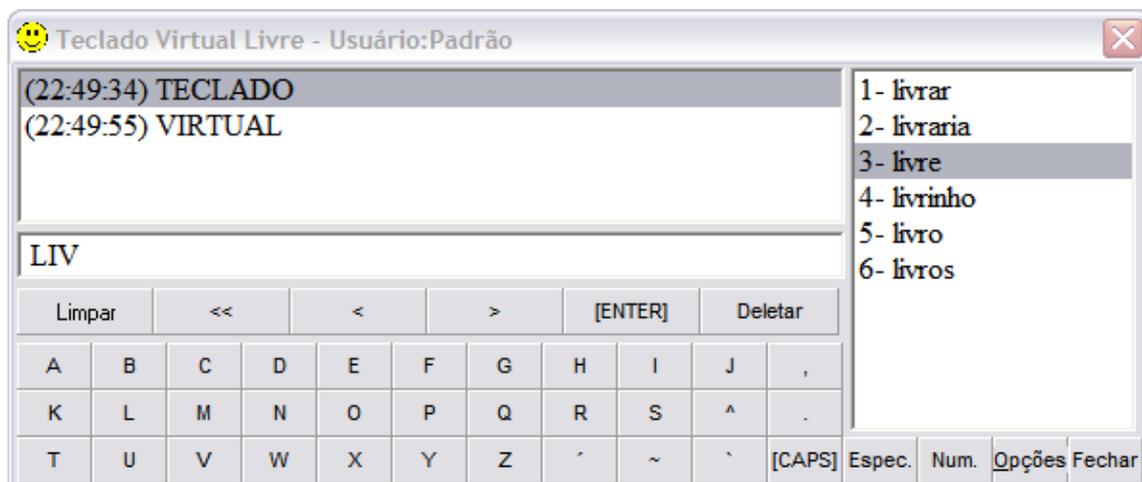


Figura 15 - Teclado Virtual com Predição de Palavras (MATIAS e NOHAMA, 2003).

O Emulador de Teclado e Mouse (ETM) desenvolvido por Henzen (2003) permite ao usuário acesso a qualquer *software* em Sistema Operacional Windows. O acesso ocorre por meio de um contato elétrico ajustado ao corpo do usuário ou a sua cadeira de rodas. As características do ETM incluem ajuste de *layout* de teclado, figura, sons, tempo de varredura, fonte e tamanho das teclas. Na Figura 16, pode-se visualizar a janela de interface do ETM.

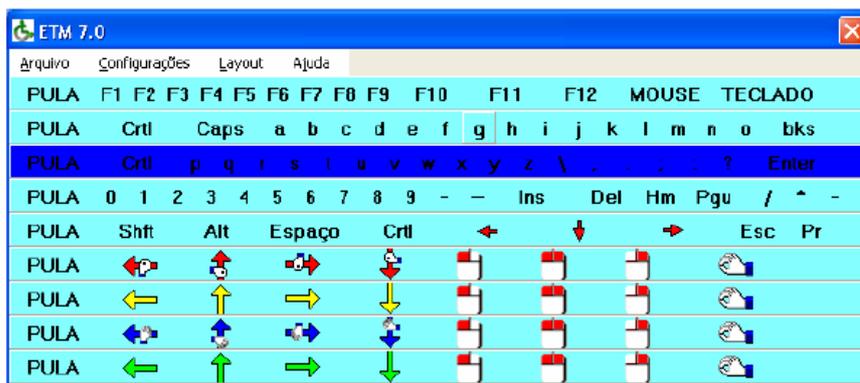


Figura 16 – Interface do ETM (HENZEN, 2003)

O ETMVoice é um programa complementar ao ETM, utilizado para vocalizar o texto da área de transferência do Windows. Para tanto, é necessário que o mesmo esteja ativo em *background* (HENZEN, 2003). Na Figura 17, mostra-se a tela de interface do ETMVoice. Nota-se que na tela existem as opções: de escolha de voz, atributos, falar a partir da área de transferência, texto, fonemas e controles gerais.

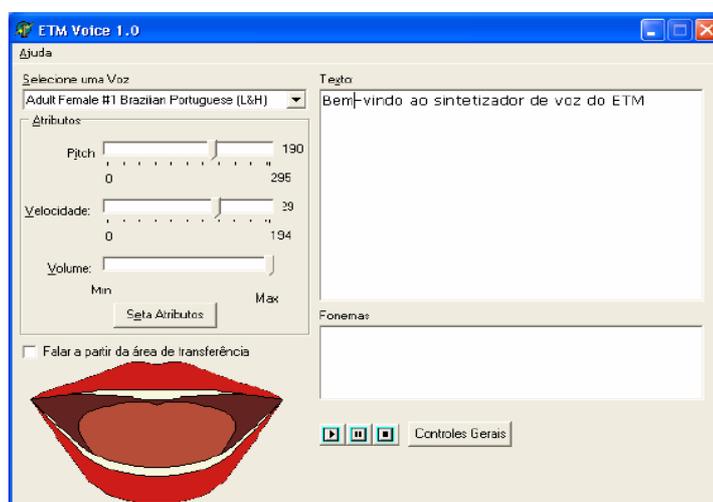


Figura 17 - Tela do ETMVoice (HENZEN, 2003)

2.2.3.2 Mouses para Comunicação Alternativa

O *mouse* é um dos periféricos de acesso ao computador mais visado pelos pesquisadores que desenvolvem dispositivos de acesso ao computador para portadores de necessidades especiais, pois através dele, pode-se ter acesso ao uso do computador.

Esses vários modelos de *mouses* e formas de acionamento do ponteiro do *mouse* desenvolvem a mesma atividade do *mouse* convencional, porém, com formas de acionamento diversas.

Alguns *mouses* são projetados com acionamento manual. Como exemplo, pode-se citar o Mouse RCT com botões de toque RCT, consistindo de um dispositivo apontador, composto por sete botões individuais. O acionamento individualizado de cada botão permite os movimentos do cursor do mouse para direita, esquerda, cima e abaixo; além das funções: arrastar e seleção de velocidade. O dispositivo é conectado ao computador via porta PS/2 ou USB e pode ser adquirido no mercado nacional por cerca de RS 400,00 (CLIK, 2008□

Na Figura 18, ilustra-se uma foto do Mouse RCT com botões de toque RCT. Os botões verdes servem para movimentar o cursor; os botões azul e cinza são usados para função arrastar e o botão vermelho para regular a velocidade do cursor do *mouse*.



Figura 18 - Mouse RCT com botões de toque RCT (CLIK, 2008□

O projeto de NORRIS e WILSON (1997□consiste de dispositivo que monitora o sinal de eletrooculografia do usuário, os eletrodos são fixados na pele do usuário, conforme representação da Figura 19. O dispositivo reconhece o movimento severo intencional dos olhos e usa esse movimento para deslocar o ponteiro do mouse na tela do computador.

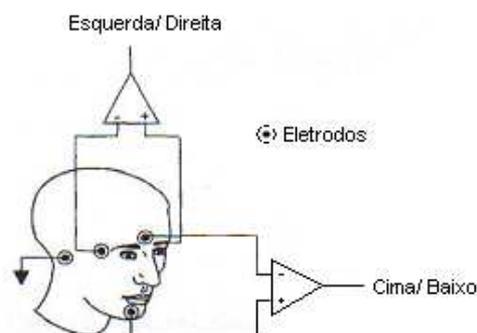


Figura 19 – *Mouse* ativado pelo movimento dos olhos (NORRIS e WILSON , 1997□

O projeto de Talmi e Liu (1999) corresponde a uma interface não invasiva para controle do computador pelo movimento dos olhos. Para controlar o *mouse*, são usadas três câmeras: duas delas servem para localização da posição dos olhos em 3D e a terceira serve para determinar a posição para a qual o ponteiro do *mouse* deverá se mover.

O projeto de Dias et al. (2004a) apresenta um mouse controlado pela detecção do movimento da cabeça através de câmera CCD. O sistema utiliza uma câmera de vídeo colorida instalada na parte superior do monitor do computador. Uma testeira é colocada na cabeça do usuário. Ela possui um círculo azul em seu centro, conforme a Figura 20, o círculo serve de referencial para determinação da posição do ponteiro do *mouse*. O sistema possui um microfone e um sistema de reconhecimento de voz, usado para ativar os comandos do mouse.



Figura 20 - Controle do Cursor do *Mouse* pelo Movimento da Cabeça Usando Câmera CCD e Processamento de Sinais (DIAS et al., 2004a)

O segundo projeto de Dias et al. (2004b) consiste de um sistema formado por uma câmera de vídeo instalada na frente do computador, um microfone, um sistema de reconhecimento de imagens e um sistema de reconhecimento de voz para acionar os comandos do mouse. Na Figura 21, pode-se observar uma ilustração do sistema.

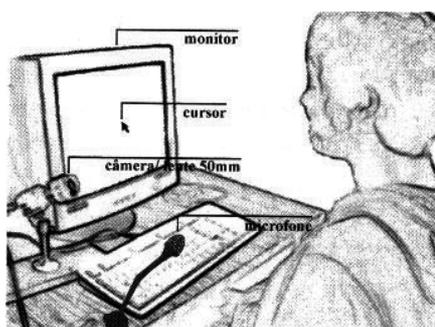


Figura 21 - Mouse Controlado pelo Rastreamento do Movimento dos Olhos (DIAS et al., 2004b)

2.2.3.3 Outros Dispositivos de Acesso ao Computador para Comunicação Alternativa

Além de teclado e *mouse*, outros dispositivos especialmente desenvolvidos para serem usados por portadores de deficiências, podem ser utilizados para acessar o computador. Entre eles, estão os *joysticks*, as *tracon balls* e as chaves de acionamento.

Os *joysticks* podem ser utilizados por pessoas que não conseguem selecionar teclas, porém, têm coordenação motora suficiente para manipular os referidos dispositivos, e com isso, movimentar o ponteiro do *mouse* na tela do computador.

As chaves especiais de acesso são acionadores adaptados à deficiência do usuário para que o mesmo com reduzidos movimentos possa movimentar o ponteiro do *mouse* ou selecionar uma tecla, quando está usando um *software* especial. Na Figura 22, estão representados um *tracon ball* e um *joystick*.

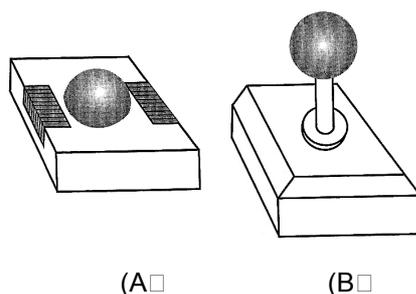


Figura 22 - Dispositivos de acesso ao computador, em (A) um *tracon ball* e em (B) um *joystick* (COOK e HUSSEY, 2002).

Na Figura 23 representa-se um acionador de cabeça adaptado à cadeira de rodas. Esse dispositivo, pesquisado por e Hussey (2002), é destinado a pessoas com deficiências físicas ou motoras de membros superiores.

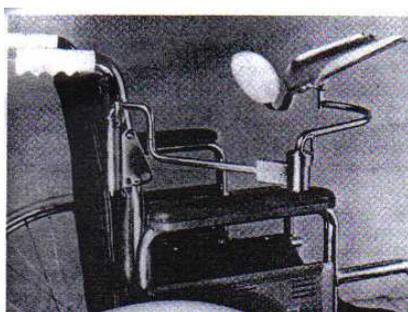


Figura 23 - Acionador de cabeça adaptado à cadeira de rodas (COOK e HUSSEY, 2002).

2.3 Layouts de Teclados

Vários *layouts* de teclado foram desenvolvidos a partir da criação da máquina de escrever até os recentes computadores. Alguns desses *layouts* estão representados na Figura 24, descrita a seguir.

O teclado com *layout* QWERTY, apresentado na Figura 25A é o mais popular. Ele foi desenhado há mais de cem anos, originalmente para ser usado nas máquinas de escrever. A disposição de suas teclas foi definida para que os tipos, após percutirem o papel não ficassem presos um no outro. Essa disposição de teclas ganhou fama e se espalhou pelo mundo vindo a ser escolhido para o teclado brasileiro padrão ABNT2 (COOK e HUSSEY, 2002□

Em 1930, na Universidade de Washington, o Prof. August Dvorak propôs um novo *layout* de teclado, o chamado teclado DVORAK, conforme ilustra a Figura 26B. Esse teclado foi criado com o intuito de reduzir a fadiga e aumentar a velocidade de digitação. Existem três configurações de teclado Dvorak (COOK e HUSSEY, 2002□

O primeiro *layout* de teclado Dvorak é o mais conhecido e consiste de um teclado para duas mãos. Na Figura 24B, apresenta-se o *layout* do referido teclado no qual as vogais estão dispostas à esquerda na terceira linha do teclado, a chamada linha de descanso.

O segundo *layout* de teclado Dvorak é para mão direita, que pode ser visualizado na Figura 24C. Nele, as vogais estão separadas, bem como no teclado Dvorak para mão esquerda, que não é nada mais que o teclado da mão direita em espelho (ROSCH,1993□

Em 1988, Chubon e Hester propuseram o teclado Chubon, com *layout* criado para digitação simples, ou com bastão auxiliar de digitação. Neste tipo de teclado, as letras mais usadas em inglês estão arranjadas próximas e localizam-se no centro do teclado, visando também reduzir a fadiga causada pelos movimentos de digitação (COOK e HUSSEY, 2002□

Outro tipo de *layout* de teclado é o teclado alternativo alfabético, frequentemente usado por indivíduos não vocalizados e que precisam de pranchas de comunicação manual para se fazerem entender. Esse tipo de teclado obedece à ordem alfabética das letras (BUZING, 2003□

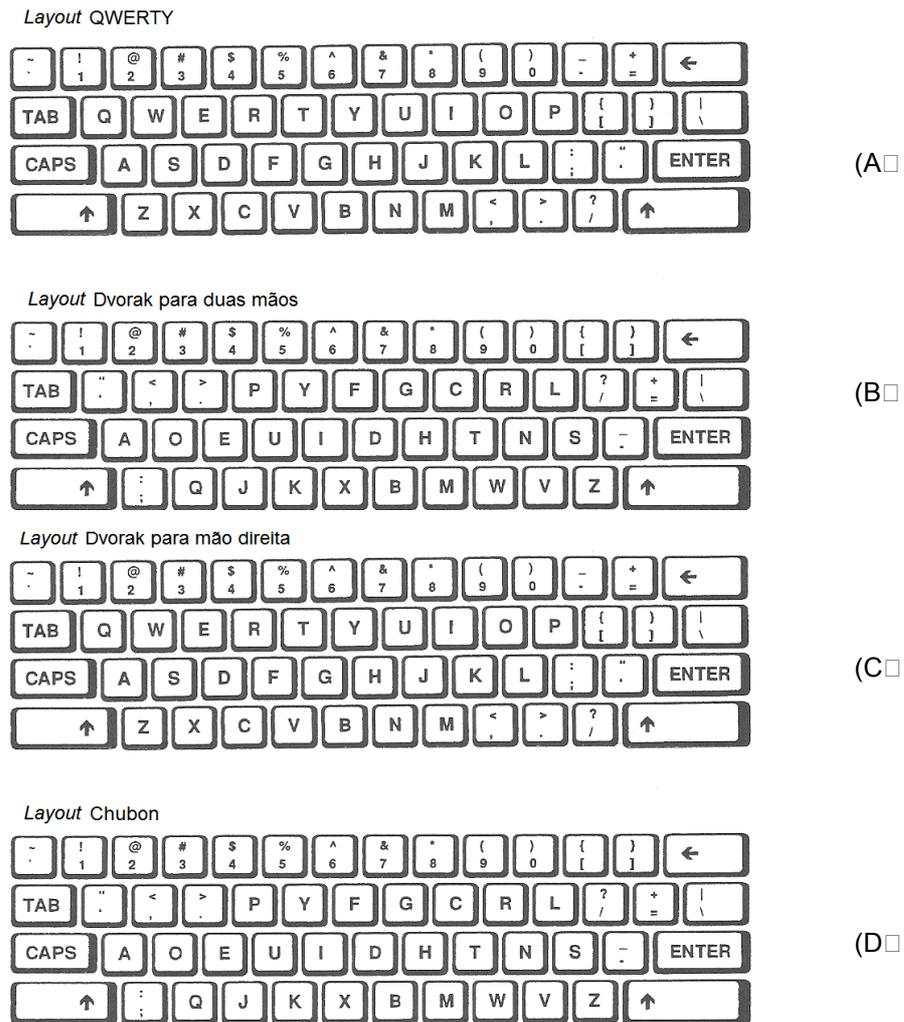


Figura 24 – *Layouts* dos teclados, em : (A□QWERTY, (B□Dvorak para duas mãos, (C□Dvorak para a mão direita e (D□Chubon (COOK e HUSSEY, 2002□

Em 2002, MacKay e Ward apresentaram um novo *layout* de teclado desenvolvido para ser usado por portadores de incapacidade grave, usuários de programas assistentes de digitação e usuários japoneses, que sofrem limitações com os teclados tradicionais. Trata-se do teclado virtual Dasher, que consiste de um programa de computador que mostra continuamente a sequência alfabética de caracteres na tela do computador. A escolha do caractere pode ocorrer através de um mouse tradicional ou por acionadores especiais para comunicação alternativa.

Os pesquisadores testaram o programa com 4 usuários, 2 com treinamento e 2 sem treinamento. Comparando-se os resultados com os testes com o teclado convencional, concluíram que com o teclado convencional pode-se digitar 15 palavras por minuto e com o Dasher depois de 1 hora de prática o usuário consegue digitar 25 palavras por minuto (INFERENCE, 2008□

Na Figura 25, há uma ilustração do teclado virtual Dasher. A tela do aplicativo possui em sua parte central uma linha vertical divisória. Do lado esquerdo dessa linha estão os caracteres que podem ser selecionados. Nota-se a apresentação do caractere W seguido do caractere Y, que estão dentro de espaços independentes com cor de fundo azul que facilitam a visualização. Esses caracteres surgem na tela em sequência para a seleção pelo usuário. Caso a seleção desses caracteres seja ou não seja realizada, a sequência e apresentação de caracteres é contínua.

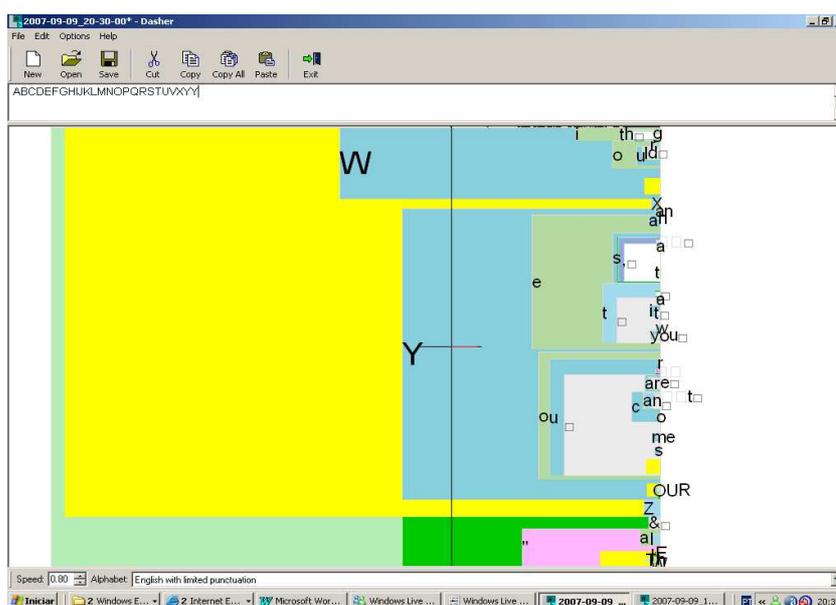


Figura 25 – Resultado de um teste usando o *software* Dasher Stable Release (4.4.2) da Microsoft.

2. Conclusões

Neste capítulo, foram apresentados os fundamentos teóricos a respeito da paralisia cerebral, bem como os fundamentos da comunicação alternativa e *layouts* de teclado. A partir dos fundamentos da paralisia cerebral em termos de causas e manifestações clínicas, pode-se compreender melhor as condições e possibilidades físicas e cognitivas do futuro usuário do dispositivo de comunicação alternativa projetado.

Os princípios básicos da comunicação alternativa, seus sistemas gráficos, pranchas de comunicação, comunicadores e sistemas informatizados, em conjunto com os diversos *layouts* de teclado pesquisados, serviram de base teórica para o projeto do sistema, cuja metodologia, resultados, discussão e conclusões são apresentados a seguir.

CAPÍTULO 3

METODOLOGIA

O Sistema Portátil de Comunicação Alternativa possui basicamente os mesmos componentes de um computador convencional, porém, com alguns diferenciais adequados ao transporte do equipamento e à comunicação alternativa.

Esses diferenciais referem-se a características de *hardware* e *software* apresentadas a seguir. Em termos de *hardware*, o sistema é composto pelos seguintes componentes: teclado especial com acionamento remoto e manual, placa controladora, placa de microcomputador industrial, fonte de alimentação, *drive* de leitura de CD, disco rígido e tela de cristal líquido. O sistema comporta qualquer *software*, porém, além de *firmwares*, o sistema possui *softwares* especiais de comunicação alternativa. A representação funcional do sistema pode ser visualizada na Figura 26.

Os esquemas eletrônicos, os *layouts* das placas de circuito impresso, detalhes dos *softwares* e *firmwares* do projeto estão disponíveis no Relatório Técnico do Sistema Portátil de Comunicação Alternativa, localizado no Laboratório de Engenharia de Reabilitação (LER, da Pontifícia Universidade Católica do Paraná (PUCPR).



Figura 26 - Representação do *layout* do Sistema Portátil de Comunicação Alternativa.

3.1 Teclado Especial

O acesso ao sistema é feito através de um teclado especial, formado por três módulos básicos: acionamento remoto, acionamento manual e placa controladora, conforme diagrama de blocos representado na Figura 27.

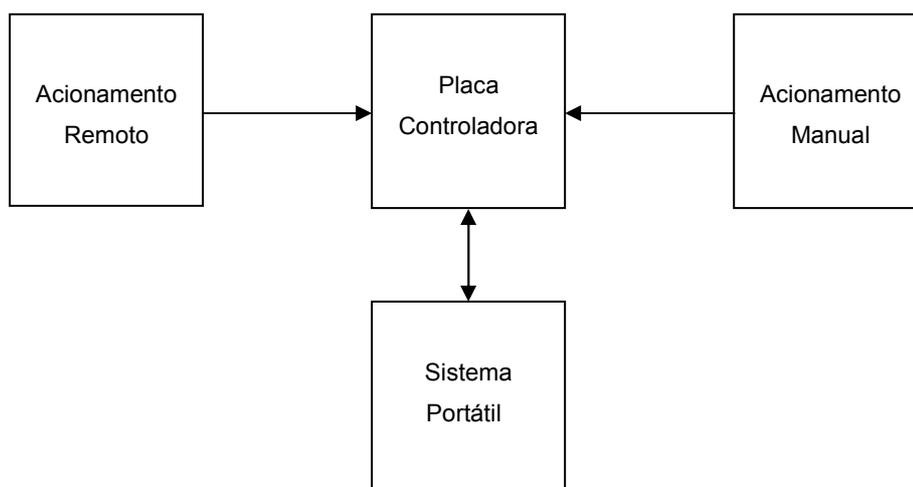


Figura 27 – Diagrama de Blocos do Teclado Especial.

3.1.1 Acionamento Remoto do Teclado Especial

O acionamento remoto do teclado do Sistema Portátil de Comunicação Alternativa ocorre por meio sensores ópticos infravermelho. A escolha de sensores ópticos utilizando infravermelho está relacionada com o tamanho, custo reduzido, qualidade (WEBSTER et al., 1985), além da facilidade de aquisição desses sensores.

O *hardware* de acionamento remoto do teclado é dividido em dois módulos básicos: emissor e receptor do teclado especial.

3.1.1.1 Módulo Emissor do Acionamento Remoto do Teclado Especial

O módulo emissor do Sistema Portátil de Comunicação Alternativa é o responsável pela emissão de sinal infravermelho necessário para acionar os 93 receptores que representam as 93 teclas do sistema portátil. Para tanto, ele é composto por uma fonte de alimentação, gerador de trem de pulsos, amplificador,

LED infravermelho, filtro óptico e lente convergente, conforme ilustra o diagrama de blocos da Figura 28.

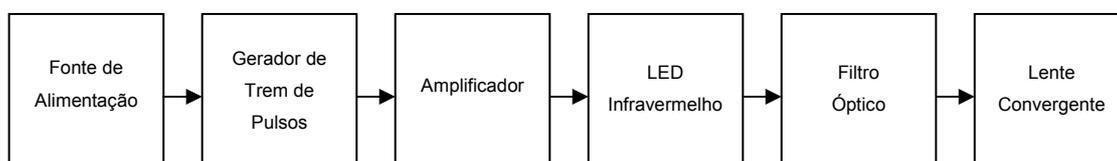


Figura 28 - Diagrama de blocos do módulo emissor do Sistema Portátil de Comunicação Alternativa.

A alimentação eletrônica do módulo emissor é proveniente de bateria de +3V. Desta forma, a alimentação do módulo fica isolada do restante do sistema. Além disso, o fato mais importante de escolha de utilização de bateria está relacionado com a segurança do usuário que, no caso de uso de cabo de alimentação conectado ao restante do sistema, poderia sofrer um acidente.

Um microcontrolador é responsável pela geração de um trem de pulsos. Optou-se por utilizar o microcontrolador PIC 12F629, que possui apenas 8 pinos sendo 6 de entrada/saída, o que contribuiu para tornar o dispositivo compacto. O trem de pulsos, para ser reconhecido pelos receptores presentes no módulo receptor, é formado basicamente por duas fases. A primeira, com duração de 600 μ s, é composta por um trem de pulsos de 38 kHz. A segunda fase, ou período de repouso, possui uma duração de 1000 μ s de um sinal em nível zero. Na Figura 29, pode-se observar a representação do trem de pulsos gerado pelo módulo emissor.



Figura 29 - Representação do trem de pulsos gerado pelo módulo emissor.

Após a geração do trem de pulsos, faz-se necessário aumentar o ganho de corrente no LED emissor de infravermelho e, por consequência, a distância de emissão de infravermelho. Para tanto, utiliza-se um amplificador de sinal na saída do microcontrolador. A configuração de amplificação tipo *darlington* foi escolhida, por

utilizar apenas dois transistores montados em cascata e apresentar bom desempenho, baixo consumo e custo reduzido (MALVINO, 1986□

Depois da amplificação do trem de pulsos, o sinal é enviado a um LED infravermelho, atuando em um comprimento de onda de 940nm (BOYLESTAD e NASHELSKY, 1994□ Esse fluxo luminoso é direcionado para o módulo receptor para posterior seleção das teclas desejadas.

Como emissor de sinal infravermelho foi adotado o LED55B. Este emissor possui encapsulamento em invólucro metálico de 5mm e janela com lente, portanto, pequenas dimensões, o que em conjunto com o restante do módulo emissor facilita a fixação em boné ou faixa e o transporte do módulo. Na Figura 30, pode-se observar o padrão de radiação típico do LED55B de sinal infravermelho (QT Optoelectronics, 2008□

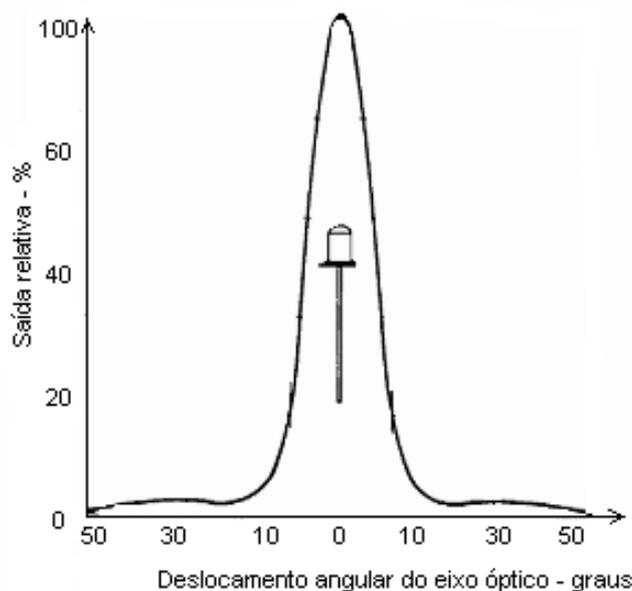


Figura 30 - Padrão de radiação típico do LED55B de sinal infravermelho (QT Optoelectronics, 2008□

O último componente do módulo emissor consiste de uma lente convergente que, ao focalizar o sinal infravermelho em uma área mínima, facilita a seleção dos receptores contidos no módulo receptor.

A lente é acoplada a um filtro em acrílico, na cor preta, para permitir que apenas uma faixa estreita de radiação do sinal infravermelho chegue até o sensor. A lente utilizada é do tipo convergente positiva de 10° que, ao ser distanciada do

filtro em acrílico preto em 12 cm, possibilita o alcance dos receptores a uma distância satisfatória de 40 cm.

O módulo emissor de sinal infravermelho é fixado na posição central externa da testa do usuário. Para tanto, utiliza-se um suporte tipo boné. Caso o usuário não se adapte ao uso de boné, o transmissor também pode ser adaptado para ser fixado em faixa ajustável.

Na Figura 31 está representado o módulo emissor de sinal infravermelho.



Figura 31 - Representação do módulo emissor do acionamento remoto do teclado especial.

O esquema eletrônico do módulo emissor está representado na Figura 32. Observa-se a presença dos seguintes componentes: microcontrolador PIC12F629, LED infravermelho, transistores Q1 e Q2 montados na configuração *darlington* e bateria de 3V que alimenta o circuito.

No APÊNDICE 1 está representada na Figura 81, a placa de circuito impresso projetada no *software* Protel.

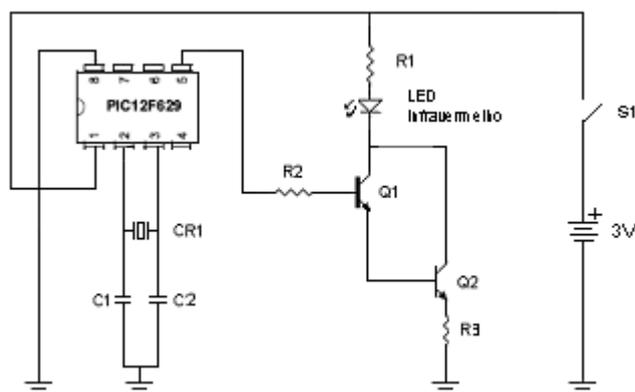


Figura 32 – Esquema do circuito eletrônico do módulo emissor.

3.1.1.2 Módulo Receptor do Acionamento Remoto do Teclado Especial

O módulo receptor é responsável por decodificar o sinal enviado pelo módulo emissor, filtrar esse sinal, sinalizar o receptor no qual incide o sinal infravermelho e informar ao restante do sistema as condições do sinal, através da placa controladora. A Figura 33 apresenta o diagrama de blocos do módulo receptor do sistema. A placa de circuito impresso do módulo receptor é apresentada no APÊNDICE 1, Figura 82.

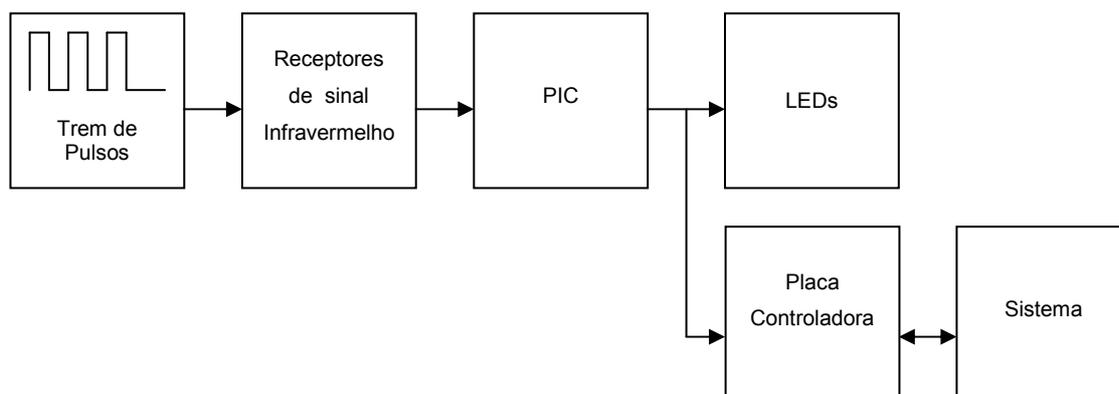


Figura 33 - Diagrama de blocos do módulo receptor do Sistema Portátil de Comunicação Alternativa.

De acordo com o diagrama de blocos, o módulo receptor capta o trem de pulsos gerado no módulo emissor de acionamento remoto do teclado especial, através de receptores de sinal infravermelho. Por sua vez, esses receptores enviam sinais à placa controladora que fará o restante do processamento do sinal.

Esse módulo é constituído por 93 receptores de sinal infravermelho, LEDs de sinalização e filtros passa-baixa. Cada tecla de acionamento remoto é constituída pelo conjunto de: 1 receptor de sinal infravermelho, 1 LED de sinalização e 1 filtro passa-baixas.

Como receptor de infravermelho, adotou-se o sensor GP1UV701QS do fabricante Sharp Electronics Corp., representado na Figura 34, em conjunto com 1 filtro passa-baixa, recomendado pelo fabricante, composto pelo resistor R1 e capacitor C1. Esse foto-receptor apresenta uma característica importante para o projeto, que é a sua dimensão: $0,7 \times 0,5 \times 0,3 \text{ cm}^3$, que facilita a confecção do circuito eletrônico final para cada tecla, tornando-as com um tamanho reduzido adaptável ao *layout* do teclado.

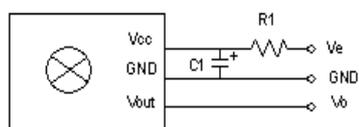


Figura 34 – Diagrama do sensor receptor de infravermelho GP1UV701QS (SHARP, 2008) □

Internamente, o sensor receptor de sinal infravermelho é configurado com amplificador, limitador, filtro passa-faixa, demodulador, integrador e comparador, conforme ilustrado no diagrama lógico da Figura 35.

Outra característica importante que facilita o reconhecimento do sinal infravermelho enviado pelo módulo emissor, está relacionada com a forma de decodificação do sensor receptor. Apenas o sinal conforme apresentado na Figura 29, com trem de pulsos na frequência de 38 kHz, é reconhecido.

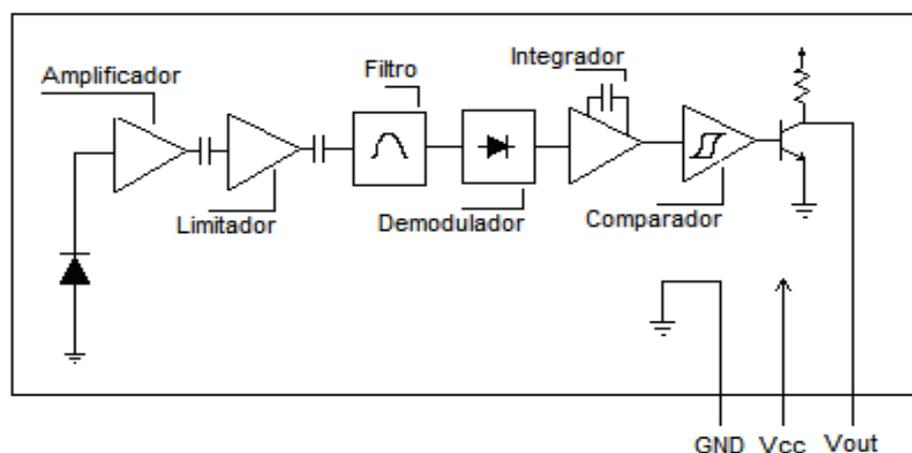


Figura 35 – Esquemático do sensor receptor de sinal infravermelho GP1UV701QS (QT Optoelectronics, 2008) □

Quando o receptor não é acionado, o sinal de saída do mesmo permanece estável em nível alto. Essa característica facilita o reconhecimento do sinal pelo microprocessador principal. Isso ocorre porque o microcontrolador reconhece níveis de tensão de +5V e de nível zero.

O sinal representando a resposta de um receptor de sinal infravermelho pode ser visualizado na Figura 36. Nota-se que ao reconhecer o sinal infravermelho enviado pelo módulo emissor, o sinal de saída do receptor apresenta dois períodos de sinal. No primeiro, o sinal é de 600 μ s com nível de tensão zero e no segundo, o sinal é de 1000 μ s com nível de tensão de +5V.

O mesmo sinal que é enviado à placa controladora também é enviado aos LEDs de sinalização. Dessa forma, o usuário consegue localizar a posição do feixe luminoso incidente nos receptores contidos no teclado especial, pois cada receptor possui seu respectivo LED de sinalização.

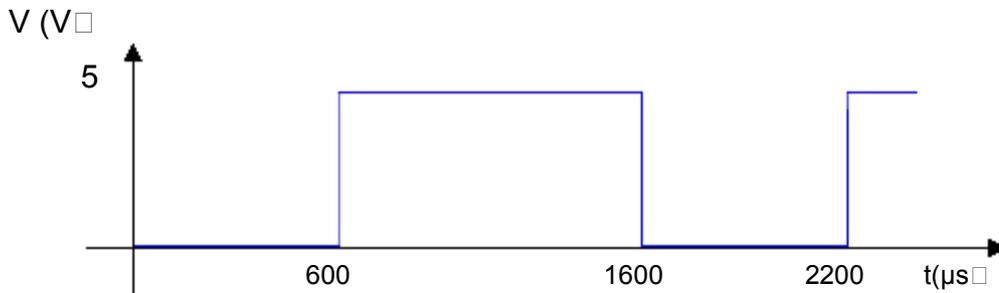


Figura 36 – Pulsos de saída do sensor receptor de sinal infravermelho (QT Optoelectronics, 2008)

Optou-se pelo uso de LEDs verdes, pelo fato dos mesmos emitirem sinal em um comprimento de onda de 530nm; portanto, não interferem na recepção do sinal do módulo emissor, no caso 940nm. Para tornar o circuito do módulo receptor compacto, os LEDs utilizados são de 3mm.

Na Figura 37, ilustra-se o esquema eletrônico de uma tecla do teclado especial. O circuito é constituído por um filtro passa-baixa, formado pelo resistor R1 e pelo capacitor C1; o receptor de sinal infravermelho GP1U701QS; o LED de sinalização e saída para CI 74HC32; a chave de acionamento manual e entrada do sinal proveniente do PIC12F629, que também é utilizada pelas demais teclas do teclado especial.

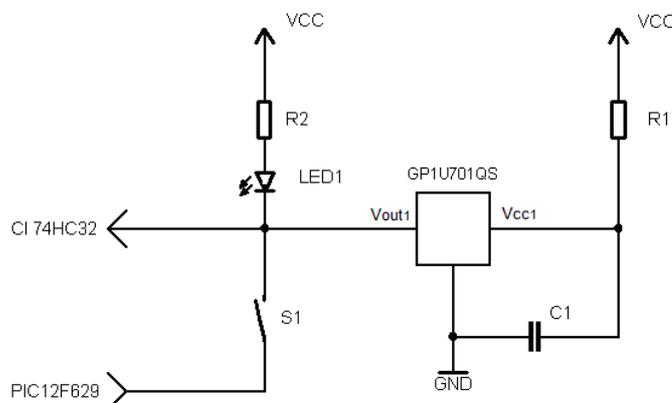


Figura 37 - Esquema eletrônico de uma tecla do teclado especial da placa do módulo receptor desenvolvida no Proteus.

3.1.2 Acionamento Manual do Teclado Especial

Para o acionamento manual do teclado especial, optou-se pelo uso de uma chave tátil, apresentada na Figura 38, medindo $0,6 \times 0,6 \times 1,7 \text{ cm}^3$.



Figura 38 – Foto da chave tátil.

O acionamento manual das teclas do teclado especial ocorre de maneira semelhante ao teclado convencional. Entretanto, no teclado convencional cada tecla ao ser pressionada gera dois códigos de varredura diferentes: um quando a tecla é empurrada para baixo, e outro quando a tecla volta à posição original. São esses dois códigos que permitem ao computador saber quando uma tecla foi mantida pressionada.

Quando o computador recebe um código de varredura, o controlador de teclado usa uma interrupção que avisa ao microprocessador da existência de um código de varredura a ser lido. Esses códigos são interpretados por um programa que faz parte da BIOS. A situação das teclas é memorizada alternando posições especiais da memória. As informações convertidas são usadas para a geração dos caracteres na tela (ROSCH, 1993).

No teclado especial, o sinal que é enviado ao microcontrolador principal que serve de interface com o microcomputador, é o mesmo enviado para o LED infravermelho. Esse sinal também é gerado por um microcontrolador PIC12F629. Todo o processamento para o reconhecimento das teclas é igual ao do acionamento remoto do teclado especial, conforme se descreve a seguir.

Na Figura 39, ilustra-se o esquema eletrônico do gerador de sinal para acionamento manual das teclas. Observa-se a presença do microcontrolador PIC12F629; dos transistores Q1 e Q2 montados na configuração *darlington*; das chaves representando as 93 teclas, numeradas de 1 a 93 e da fonte de alimentação do circuito de 5V.

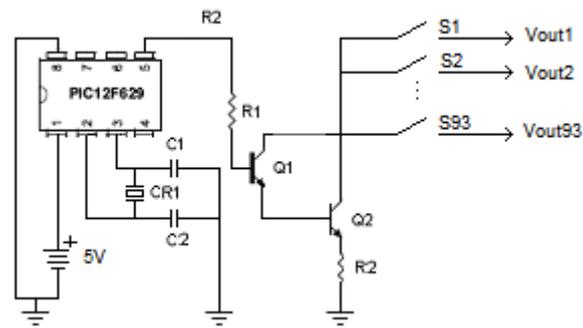


Figura 39 - Esquema eletrônico do gerador de sinal para acionamento manual das teclas.

3.2 Placa Controladora do Teclado Especial

O Sistema Portátil de Comunicação Alternativa contém uma placa controladora do teclado, que gerencia por meio de um microprocessador principal o acionamento remoto, o acionamento manual e o interfaceamento desses acionamentos com o restante do sistema, conforme ilustrado no diagrama de blocos da Figura 40.

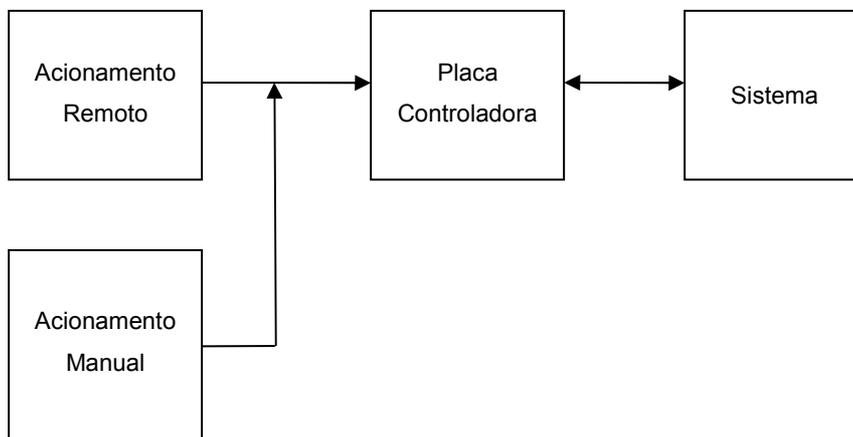


Figura 40 - Diagrama de blocos de interfaceamento do acionamento do teclado especial com o restante do *hardware* do sistema.

No APÊNDICE 1, apresentam-se as Figuras 83 e 84, respectivamente da placa de circuito impresso e esquema eletrônico da placa controladora desenvolvida no programa Proteus. O circuito eletrônico da placa controladora do teclado especial é composto basicamente por 3 módulos: fonte de alimentação e interfaceamento com o microcomputador, microcontroladores, portas lógicas e *buffers*

A alimentação eletrônica da placa de controle do teclado ocorre via cabo conectado diretamente ao conector PS2 de teclado da placa mãe do microcomputador. Esse conector serve também como interfaceamento da placa controladora com o restante do microcomputador.

O módulo dos microprocessadores contém dois circuitos integrados, um que efetua o controle de acionamento dos receptores e chaves mecânicas e outro que gera o sinal para acionamento das chaves mecânicas. Para gerar o sinal necessário para o acionamento manual do teclado foi escolhido o microprocessador PIC12F629, cujo funcionamento já foi descrito no acionamento manual do teclado especial. Optou-se por utilizar o microprocessador PIC16F877A para fazer o controle dos receptores e chaves mecânicas. Ele contém 33 linhas de entrada/saída, 368 bytes de RAM, 256 bytes de EEPROM e 14 interrupções (MICROCHIP, 2008). Essas características, em especial as 33 linhas de entrada/saída são necessárias para a implementação das teclas. Dessas linhas de entrada/saída, 2 são utilizadas para a transmissão e recepção de dados entre a placa controladora e a placa mãe do microcomputador. Para compor a matriz que faz o controle das teclas, são utilizadas 20 linhas de entrada/saída, sendo 8 de saída e 12 de entrada de dados.

O módulo de portas lógicas e *buffers* é constituído por 24 CIs 74HC32 e 12 CIs 4010. O CI 74HC32 possui 4 portas lógicas tipo OU, cada porta lógica possui 2 entradas. O funcionamento de cada porta é igual para todo o módulo do circuito: uma das entradas recebe sinal de uma tecla e outra recebe sinal do microcontrolador. Os CIs são agrupados em grupos de 3 unidades para receber de forma simultânea em todas as suas entradas das portas lógicas o mesmo sinal proveniente do microcontrolador. As saídas de duas portas são conectadas à entrada de um *buffer*, no caso, o 4010, para o sinal ser enviado ao microprocessador para posterior identificação de acionamento de tecla.

3.3 Placa Mãe

Devido à necessidade de projetar um sistema portátil, a fim de que seu usuário possa transportá-lo, optou-se pelo uso de placa mãe industrial de 3,5", modelo WAFER-LX-800 do fabricante IEI Technology Corp, representada na Figura 41. Ela possui processador AMD LX800 500MHz, controladores de LCD, LAN, IDE, áudio, porta paralela, porta serial e 2 portas USB (IEI, 2008).

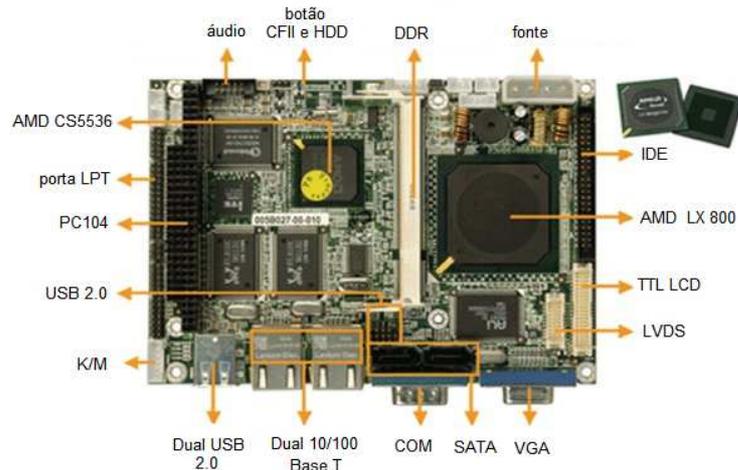


Figura 41 - Placa modelo WAFER-LX-800 da IEI Technology Corp (IEI, 2008) □

3. □ Fonte de Alimentação

A fonte de alimentação escolhida para compor o Sistema Portátil de Comunicação Alternativa, consiste de uma fonte AC-DC de 55 W, com tensão de entrada de 85 a 264 VAC, tensões de saída de +5 V e +12 V, alta precisão, estabilidade na tensão de saída e consumo de 1,2 A. Possui pequenas dimensões, 17,75 x 5,05 x 3,7 cm, o que contribui para minimizar o tamanho total do sistema. A fonte modelo ACE-855A do fabricante ICP Electronics, Inc., está representada na Figura 42.



Figura 42 – Fonte de Alimentação ACE – 855ARS da ICP Electronics, Inc. (IEI, 2008) □

3.5 Drive de Leitura de CD

Para possibilitar a leitura de CDs, um leitor *slim* da marca Sony, foi instalado no sistema. Ele é compatível com discos: CD, VCD, CD-R, CD-RW, possui velocidade 24x, dimensões reduzidas: 13,8 x 13,4 x 1,7 cm. A conexão com a placa mãe do sistema ocorre via conector USB. Na Figura 43, pode-se visualizar o *drive*.



Figura 43 – Leitor de CD, marca Sony.

3.6 Disco Rígido

Um disco rígido de 2,5” foi escolhido para o projeto. Esse tamanho é uma característica necessária para auxiliar na composição do sistema tornando-o portátil. Possui 80GB, 5400rpm e conexão tipo PATA. O disco rígido, modelo HM080HC da marca Samsung, está representado na Figura 44.



Figura 44 – Disco rígido de 2,5”, modelo HM080HC, marca Samsung.

3.7 Tela de LCD

Uma tela de LCD de 15” foi adaptada para uso no sistema. Devido a necessidade de transporte do sistema, utilizou-se a tela da marca AOC, modelo 15”LCD Plus Ultra Slim. A Figura 45 apresenta uma foto da tela.



Figura 45 - Tela de LCD, modelo 15” LCD Plus Ultra Slim da AOC.

3.8 Mini Teclado

Um mini teclado foi adaptado para uso no sistema. Utilizou-se o mini teclado da marca Clone, padrão ABNT 2, apresentado na Figura 46.



Figura 46 – Mini teclado

3.9 Softwares do Sistema Portátil de Comunicação Alternativa

O Sistema Portátil de Comunicação Alternativa, possui *softwares* especiais para o seu funcionamento, descritos a seguir. São eles: *firmwares* e *softwares* de comunicação alternativa. Por conter microcontroladores em seu projeto, *firmwares* foram desenvolvidos e gravados nos microcontroladores, conforme descrito a seguir. Os *softwares* de comunicação alternativa utilizados no projeto, são: Prancha Livre de Comunicação e Teclado Virtual Livre, em conjunto com o *software Microsoft Text-to-Speech*.

3.9.1 Firmwares

O teclado especial possui ao todo 3 microcontroladores dos quais dois geram sinais para o acionamento remoto e manual e um gerencia o acionamento remoto, o acionamento manual e o interfaceamento do teclado especial com o restante do sistema.

3.9.1.1 Firmware do Microcontrolador Principal

O *firmware* do microcontrolador principal foi desenvolvido em linguagem *assembly*. Essa, por sua vez, é constituída por abreviações de termos usuais que descrevem a operação realizada pelo comando em código de máquina. Para converter os mnemônicos em códigos binários executáveis pela máquina, é

necessário o uso de um programa montador (PEREIRA, 2003). Para realizar tal tarefa, utilizou-se o auxílio do compilador MPLAB IDE versão 8.15. Essa linguagem foi escolhida devido à facilidade de material sobre o assunto, além de sua eficiência e velocidade (PEREIRA, 2003), pontos fundamentais para o perfeito funcionamento do dispositivo.

O programa é basicamente dividido em 3 etapas: varredura de teclas, validação do sinal recebido e processamento, conforme diagrama de blocos representado na Figura 47. Tanto para o acionamento remoto quanto para o acionamento manual das teclas as 3 etapas são iguais.



Figura 47 - Diagrama de blocos do *firmware*.

Conforme o fluxograma apresentado na Figura 48, quando o sistema é ligado ocorre a inicialização interna do microprocessador principal. Como as linhas de entrada do microprocessador estão divididas em portas A, B, C e D, adotou-se toda *porta B* para fazer gerenciar o envio de sinal para os CIs 74HC32 e as portas C e D para receber os sinais dos *buffers*. O microprocessador inicia a varredura das teclas a procura de teclas acionadas. Isso ocorre através de varreduras periódicas em todas as suas linhas de entradas interligadas com os *buffers*. Para tanto, verifica-se o sinal de entrada nessas linhas periodicamente uma de cada vez até o acionamento de uma tecla.

Para acionar uma tecla remotamente, é necessário que o usuário direcione o feixe emissor de sinal infravermelho para o receptor da tecla que deseja acionar por, no mínimo, 2s. Isso se deve ao fato da validação do sinal ocorrer após uma contagem de 5 pulsos em nível lógico baixo. A espera desses pulsos é necessária para que o microprocessador valide apenas a tecla que realmente se deseja acionar. Caso essa rotina não existisse o microcontrolador acionaria a primeira tecla cujo receptor recebesse sinal infravermelho e o usuário não teria tempo para verificar onde o sinal infravermelho está incidindo e escolher a tecla que realmente deseja selecionar.

O microprocessador, após 4s, reinicia a varredura de teclas e por consequência, a validação do sinal e tecla para evitar o rebatimento da tecla anteriormente selecionada. Esse efeito de rebatimento que a tecla sofre logo após o acionamento é chamado de *debouncing*, o qual pode provocar a leitura falsa da tecla.

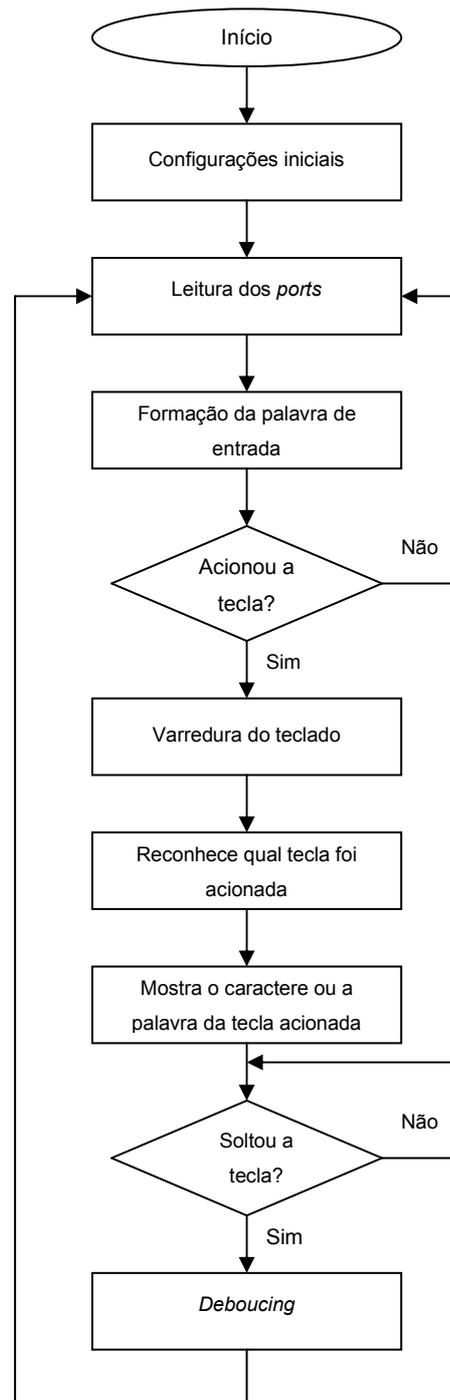


Figura 48 - Fluxograma simplificado do programa.

Validado o sinal, o microcontrolador fará o processamento do sinal recebido, verificando qual tecla foi acionada e enviará via interface da porta PS2 para a placa mãe a instrução necessária para o reconhecimento do caractere pelo seu microprocessador. Por consequência, o caractere selecionado aparecerá no *display* do sistema, caso um *software* editor de textos esteja sendo utilizado.

3.9.1.2 *Firmware* dos Microcontroladores Geradores de Sinal

O *firmware* dos microcontroladores geradores de sinal foi desenvolvido em linguagem C com auxílio do compilador MPLAB IDE versão 8.15. Apesar de ser uma linguagem de programação menos veloz e eficiente do que a linguagem *assembly*, essa linguagem foi escolhida devido às facilidades de programação oferecidas (PEREIRA, 2003) aliadas às necessidades do projeto.

A Figura 49 ilustra o fluxograma completo do *firmware* dos microcontroladores geradores de sinal. Observa-se que após a inicialização e as configurações iniciais, ocorre um *loop* onde é gerado um sinal que contém duas fases. A primeira fase com duração de 600 μ s é composta por um trem de pulsos de 38 kHz. A segunda fase com duração de 1000 μ s é constituída por um sinal em nível zero.

O mesmo *firmware* é utilizado no microcontrolador do módulo emissor e no microcontrolador do acionamento manual do teclado especial.

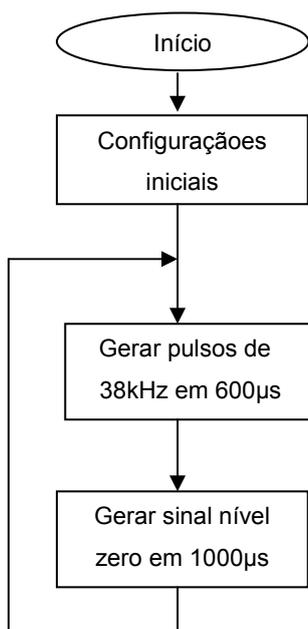


Figura 49 - Fluxograma do *firmware* dos microcontroladores geradores de sinal.

3.9.2 Softwares de Comunicação Alternativa

Qualquer *software* que rode na Plataforma Windows pode ser utilizado no sistema, entretanto, por se tratar de um dispositivo destinado a portadores de paralisia cerebral com capacidade cognitiva preservada, o Sistema Portátil de Comunicação Alternativa necessita de *softwares* especiais de comunicação alternativa para o seu funcionamento.

Dois *softwares* de comunicação alternativa foram escolhidos para integrar o sistema. Esses *softwares*, apresentados na Fundamentação Teórica, foram desenvolvidos pelo grupo do Prof. Nohama e já foram testados e estão sendo utilizados por portadores de paralisia cerebral com capacidade cognitiva preservada. O primeiro *software*, Prancha Livre de Comunicação, consiste de uma interface de comunicação pictórica, com aceleradores de uso e vocalizador (MATHIAS e NOHAMA, 2003). O segundo *software*, Teclado Virtual Livre, que será utilizado no sistema consiste de um teclado virtual alfanumérico com predição de palavras. A predição de palavras permite que o usuário diminua o seu tempo e esforço de digitação (JORDAN et al., 2004).

O Sistema Portátil de Comunicação Alternativa conta ainda com um sintetizador de voz para auxiliar o usuário que não consegue se comunicar oralmente. Desta forma, o uso do dispositivo é facilitado em termos de economia de tempo e trabalho de acesso ao dispositivo. Para tanto, utiliza-se o *software Microsoft Text-to-Speech* traduzido para o português através do *software L & H Portuguese Voice*.

3.10 Layout do Teclado Especial

Para compor o Sistema Portátil de Comunicação Alternativa, o *layout* teste 1 do teclado especial foi projetado, conforme representação na Figura 50 do APÊNDICE 1. Um estudo inicial sobre teclados de comunicação alternativa foi realizado.

Várias características para compor o *layout* foram observadas, em especial o tamanho de teclas e caracteres, cores de teclas e caracteres e disposição de teclas. O *layout* era composto por 105 teclas, sendo elas: alfabéticas, numéricas, letras acentuadas, teclas de funções e teclas de comunicação alternativa.

O grupo das teclas alfabéticas é formado por 9 dispostas na linha superior do teclado, são elas: “ESC”, “TAB”, “CAPS LOCK”, “WWW”, “E-MAIL”, “OUVIR MÚSICA”, “CANCELAR INSTRUÇÕES”, “REINICIAR” e “DESLIGAR”. Essas teclas são de 3,20 x 1,70 cm² e possuem caracteres pretos sobre fundo branco, com fonte Arial, estilo negrito e tamanho 16.

As teclas alfabéticas e numéricas estavam localizadas abaixo do grupo de funções. As letras eram estão dispostas em sequência alfabética, em 4 linhas e 7 colunas alinhadas. As sequências alfabética e numérica das teclas foi adaptada a partir da pesquisa da terapeuta Myriam Pelosi (PELOSI, 2008). Todos caracteres são pretos sobre fundo branco, com fonte Arial, estilo negrito e tamanho 24 para as consoantes e tamanho 36 para as vogais. Essa variação de tamanhos de letras visou proporcionar uma maior facilidade de localização dos caracteres, especialmente das vogais (WEBSTER et al., 1998).

O grupo das teclas de comunicação alternativa, localizado na parte inferior do teclado era formado por 6 teclas de atalho para “PESSOAS”, “EXPRESSÕES SOCIAIS”, “SUBSTANTIVOS”, “VERBOS”, “ADJETIVOS” e “DIVERSOS” além de 16 teclas de auxílio à escrita.

As teclas alfabéticas, numéricas e de movimentação do ponteiro do mouse, eram de 1,70 x 1,70 cm² seguindo os padrões de tamanhos das teclas do teclado convencional. As teclas “DEL” e “ENTER” são ampliadas.

As teclas de atalho medem 3,30 x 2,0 cm². Além das expressões, as teclas de atalho possuem ícones pertencentes à Linguagem Visual Brasileira de Comunicação Pictográfica e uma numeração em ordem crescente. As demais teclas de comunicação alternativa mediam 3,00 x 3,00 cm². Era necessário realizar duas seleções de teclas para acionar uma tecla de comunicação alterantiva, primeiro selecionar uma tecla de atalho e em seguida a tecla desejada.

O conjunto todo media 33,50 x 21,50 cm². O conteúdo das teclas de comunicação alternativa foi escolhido a partir das respostas ao questionário 1 sobre o *layout* de teclado de comunicação alternativa apresentado no APÊNDICE 3, constante do PROTOCOLO 1 – Fase 1, dos testes com voluntários apresentado na sequência.

Essa proposta foi avaliada em seguida foram escolhidas as cores, tamanhos e sequências de teclas, letras, números e símbolos para compor o *layout* teste 2 do teclado de comunicação alternativa, conforme a Figura 86 do APÊNDICE 1. A partir

dos dados obtidos algumas modificações e facilidades foram acrescentadas. Além disso, o *layout* precisava atender às limitações do *hardware* do teclado projetado e ser facilmente compreendido, portanto, as teclas de comunicação alternativa foram posicionadas na parte superior do teclado e passaram a ter apenas um ícone com legenda por tecla. O *layout* foi estudado e os princípios da usabilidade que possibilitam a utilização eficaz dos produtos, tornando-os amigáveis e prazerosos durante o uso foram aplicados no desenvolvimento de uma interface de teclado apropriada ao projeto (MARTINS, 2006□

O conceito de legibilidade foi aplicado ao projeto, levando-se em consideração que a uma distância de 45 cm, os caracteres podem ser reconhecidos e lidos rapidamente e sem esforço. Sendo que, essas características dependem diretamente do espaçamento e combinações de caracteres, além das margens envolvidas na diagramação do material gráfico (RICHAUDEAU, 1976□ Adotou-se o uso de teclas básicas de 2,5 x 2,5 cm²; teclas de comunicação alternativa contendo ícones de 3,5cm x 3,5cm e teclas de funções de 5,0 x 2,5 cm² ou de 5,0 x 5,0 cm².

Foram utilizados caracteres com 3mm para compor as teclas de comunicação alternativa com legendas e de funções; 8,5 mm para compor as consoantes e 10 mm para compor as vogais. Todas as teclas possuem um contorno, dessa forma pode-se adaptar ao teclado os receptores de sinal infravermelho e os LEDs de sinalização sem interferir no conteúdo das teclas.

As teclas especiais de comunicação alternativa foram dispostas na parte superior do teclado, o conteúdo dos ícones foi baseado na pesquisa anterior. O uso das teclas acentuadas foi mantido; porém, essas teclas foram separadas do bloco das teclas alfabéticas. Abaixo das teclas de comunicação alternativa contendo ícones, as teclas numéricas foram posicionadas e abaixo dessas foram posicionadas as teclas acentuadas. Os tamanhos das teclas “RETROCEDER”, “ENTER” e “ESPAÇO” foram mantidos. Na Figura 87 do APÊNDICE 1, observa-se a representação do *layout* teste 3 do teclado especial.

Para melhorar o dimensionamento do *layout* do teclado, em especial adaptá-lo às dimensões do LCD de 15” escolhido para compor o *hardware* do projeto, as teclas foram redimensionadas e redistribuídas.

As teclas especiais de comunicação alternativa, teclas alfabéticas, letras acentuadas e numéricas mantiveram seus tamanho e posicionamento. As teclas de

funções foram reformuladas em termos de diminuição de dimensões e posicionamento. Além disso, foram incluídas outras teclas: “TAB”, “CAPSLOCK” e “CTRL”. Foram inseridas as teclas: “INICIAR”, “ABRIR”, “FECHAR” e “SALVAR”, no lugar das teclas: “APAGAR”, “INÍCIO” e “FIM”.

Para facilitar a visualização das teclas e grupos de teclas, utilizou-se a aplicação de cores diferenciadas no contorno das teclas. As teclas: “INICIAR”, “ABRIR”, “FECHAR” e “SALVAR”, receberam contorno na cor cinza. A tecla “ENTER” recebeu um contorno na cor verde. A cor vermelha foi utilizada no contorno da tecla “BACKSPACE”. Na Figura 88 do APÊNDICE 1, está representado o *layout* teste 4 do teclado especial.

As teclas especiais de comunicação alternativa, teclas alfabéticas, letras acentuadas e numéricas mantiveram seus tamanho e posicionamento. As teclas de funções foram reformuladas em termos de diminuição de dimensões e posicionamento. Além disso, foram incluídas outras teclas: “TAB”, “CAPSLOCK” e “CTRL”. Foram inseridas as teclas: “INICIAR”, “ABRIR”, “FECHAR” e “SALVAR”, no lugar das teclas: “APAGAR”, “INÍCIO” e “FIM”.

Otimizando o projeto, uma nova análise do *layout* foi realizada, o que levou ao *layout* teste 5 do teclado especial, apresentado na Figura 89 do APÊNDICE 1. Para facilitar a visualização, as teclas “TAB”, “CAPS LOCK”, “CTRL”, receberam contorno cinza, a tecla “ENTER” foi ampliada e recebeu contorno azul. Modificações na disposição e conteúdo das teclas, foram realizadas. As teclas “INICIAR”, “ABRIR”, “FECHAR” e “SALVAR” foram substituídas pelas teclas “INS”, “DEL”, “CLICAR” e “CLICAR 2X”.

Notou-se a necessidade de uma avaliação final mais detalhada do *layout* o que levou a elaboração do questionário 3, apresentado no APÊNDICE 4, constante do PROTOCOLO 1 – Fase 2, dos testes com voluntários apresentado na sequência. O questionário era composto por 23 perguntas, sendo duas discursivas, solicitando sugestões de frases ou palavras do cotidiano de portadores de paralisia cerebral com capacidade cognitiva preservada e modificações no *layout* do teclado. As demais questões eram referentes à facilidade de localização e visualização das teclas e dos grupos de teclas, cores e tamanhos e cores apropriados, caracteres e ícones e compreensão do *layout*.

Entretanto, devido às melhorias feitas no *firmware* do teclado especial, surgiu a possibilidade de integrar comandos do *mouse* ao teclado, portanto um novo estudo

foi realizado. A partir dos dados obtidos com a pesquisa, o *layout* teste 6, apresentado na Figura 90 do APÊNDICE 1, foi criado.

3.11 Testes

Inicialmente, foram realizados testes de bancada com todos os componentes eletrônicos do dispositivo, em seguida os testes práticos com os voluntários.

3.11.1 Testes de Bancada

Os testes de bancada com os componentes do *hardware* do sistema foram divididos em: testes com sensores, protótipos eletrônicos do teclado especial, interação do teclado especial com o sistema e interação do *hardware* e *software* do sistema.

3.11.1.1 Testes de Bancada com Sensores

Foram realizados vários testes, com diferentes sensores até a escolha do emissor e receptores de sinal infravermelho que compõem o sistema. As principais características analisadas, tanto para emissor quanto para receptores de sinal infravermelho, foram: precisão, tamanho reduzido, alcance mínimo de 30 cm e custo.

3.11.1.1.1 Testes de Bancada com o Emissor

Para avaliar a variação da intensidade luminosa de sinal infravermelho emitida em função da distância entre emissor e receptor, optou-se por realizar os testes com o medidor de energia, modelo 3 Sigma Single – Channel do fabricante Coherent, com o sensor modelo PM10, marca Power Max, representados na Figura 50. O medidor de energia foi ajustado para reconhecimento de radiação infravermelha no comprimento de onda de 940 nm e as medições foram feitas a cada 2 s.

Para que as medições não tivessem influências externas, um método teve que ser criado. Utilizou-se uma caixa preta fechada, que continha apenas o sensor e o emissor de sinal infravermelho.



Figura 50 – Medidor de energia 3 Sigma Single – Chanel da Coherent e sensor PM10 da Power Max.

Na Figura 51 A observa-se a colocação do sensor PM10 dentro da caixa, no caso aberta. O medidor 3 Sigma Single – Channel ficou para fora da caixa, conforme a Figura 51 B, caso contrário ele serviria de obstáculo, interferindo nas medições.



(A)



(B)

Figura 51 - Dispositivo desenvolvido para verificar variação da intensidade luminosa de sinal infravermelho emitida em função da distância entre emissor e receptor. Em (A) a representação do sensor PM10 e em (B) a representação do medidor 3 Sigma Single – Channel.

O emissor de radiação infravermelha foi montado em um suporte, dentro de tubo preto, sendo o espaço útil dentro do mesmo de 2 cm, conforme o utilizado para compor o módulo emissor de sinal infravermelho. Observa-se a presença da lente convergente no final do tubo. O centro de emissão de radiação infravermelha foi ajustada para coincidir com o centro de recepção do sensor PM10. Na Figura 52, pode-se observar o dispositivo.



Figura 52 – Emissor de radiação infravermelha adaptado em tubo preto.

O emissor de radiação infravermelha foi distanciados do sensor PM10 de 5 cm em 5 cm até atingir 45 cm de distância do mesmo. Além disso, a cada distanciamento o emissor de radiação infravermelha recebia angulações de 5° e 5° até atingir 30°. Foram realizadas 100 medições para cada distanciamento.

3.11.1.1.2 Testes de Bancada com os Receptores

Para comprovar o funcionamento da técnica de acionamento dos receptores e montar o teclado especial, optou-se por testar o acionamento de 9 teclas montadas em uma matriz 3x3 compondo o arranjo mínimo para avaliar as influências do módulo emissor nos receptores em especial ao redor do receptor central da matriz.

A Figura 53 representa as 9 teclas dispostas na forma de matriz. Os receptores representando as teclas numéricas foram distanciados de 1,7 cm para simular o tamanho das teclas de um computador convencional, as teclas foram numeradas em ordem crescente de 1 a 9. Cada tecla contém: 1 receptor de sinal infravermelho, representado na cor cinza; 1 LED de sinalização, representado em verde claro e numeração.

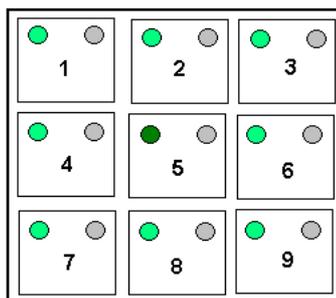


Figura 53 – Representação do teclado teste em matriz 3x3.

Observa-se na Figura 53, que o LED da tecla 5 está representado em verde escuro para representá-lo como acionado, conforme ocorre durante o uso do dispositivo. Essa tecla foi utilizada para testes da tensão de saída do receptor de sinal infravermelho em relação ao deslocamento angular. Para tanto, a mesma caixa preta utilizada para os testes do emissor de infravermelho foi utilizada. A tensão de saída foi medida com um multímetro marca Minipa, modelo ET-2055 e azimute de 30° entre emissor e receptor de sinal infravermelho.

3.11.1.2 Testes de Bancada com Protótipos Eletrônicos do Teclado Especial

Comprovado o funcionamento da técnica de acionamento remoto, através dos testes com 9 receptores dispostos em matriz de 3x3, foram realizados testes de bancada com o Protótipo 1. Esse protótipo era composto por 96 teclas de acionamento remoto. Em seguida, o Protótipo 2 foi montado para incluir o acionamento manual ao teclado especial. Devido às melhorias realizadas no *layout* do teclado especial, o Protótipo 3 foi desenvolvido. As teclas foram ampliadas e redistribuídas, o *firmware* do microcontrolador principal foi modificado e uma nova placa de circuito impresso foi confeccionada.

3.11.1.3 Testes de Bancada de Interação do Teclado Especial com o Sistema

A segunda fase de testes de bancada, consistiu em testar o *hardware* do sistema como um todo, incluindo os módulos emissor, receptor e placa controladora em conjunto com os demais componentes do *hardware*, ou seja, placa mãe, display de LCD, fonte de alimentação e periféricos. Na adaptação do *hardware* utilizou-se um computador convencional no qual o teclado original foi substituído pelo teclado especial.

3.11.1. □ Testes de Bancada de Interação de *Hardware* e *Software*

A etapa de testes com os *softwares* que integram o sistema foi subdividida em duas fases. Na primeira fase, os *softwares* funcionam normalmente com o acionamento via Protótipo 1 do teclado especial. A segunda fase de testes dos *softwares* que integram o sistema consistiu de testes realizados com o sistema completo.

3.11.2 Testes Práticos com Voluntários

Os testes práticos foram divididos em duas fases, a primeira de acordo com Protocolo 1, descrito a seguir, consistiu dos testes práticos com o *layout* do teclado especial. A segunda fase, de acordo com o Protocolo 2, referiu-se aos testes práticos com o sistema proposto.

3.11.2.1 Protocolo 1

Para validar o *layout* de teclado de comunicação alternativa a ser utilizado no Sistema Portátil de Comunicação Alternativa, o Protocolo 1 de teste foi dividido em duas fases, descritas a seguir. Na primeira fase, referente à primeira sessão de testes, foi realizada uma análise percentual de: tamanho do teclado, das teclas, dos caracteres e disposição das teclas. A partir dos resultados obtidos foi elaborado o *layout* teste 2 do teclado especial.

Na segunda fase de testes, a avaliação das mesmas características constantes do teste da fase anterior foi mais rigorosa. Os testes foram realizados com o *layout* de teste 5 para posterior validação do *layout* do teclado especial.

3.11.2.1.1 Protocolo 1 - Fase 1

Os voluntários são professores da Escola Especial Vivian Marçal². Na instituição, existe um programa de inclusão digital, com sala de informática apropriada para os testes.

² Escola Especial Vivian Marçal, localizada em Curitiba – Paraná, atende pessoas com deficiência física e motora e deficiências múltiplas, secundárias as patologias neurológicas, em faixa etária de zero a trinta e cinco anos.

Participaram da pesquisa: 8 professores de educação especial, 1 orientador visual e 1 professor de informática, vinculados à Escola Especial Vivian Marçal. Todos os voluntários preencheram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido apresentado no APÊNDICE 2.

A pesquisa de campo e coleta de dados foi iniciada após parecer do comitê de ética de pesquisa da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Toda coleta de dados foi realizada pela pesquisadora autora e correu em duas sessões de um dia cada, pelo período da manhã e da tarde.

Os voluntários individualmente responderam ao Questionário 1 sobre o *layout* de teclado para comunicação alternativa, contido no APÊNDICE 3.

3.11.2.1.2 Protocolo 1 - Fase 2

Os voluntários são profissionais da Escola Especial Vivian Marçal. Na instituição, existe um programa de inclusão digital, com sala de informática apropriada para os testes. Participaram da pesquisa: 5 professoras de educação especial, 4 pedagogas especializadas em educação especial e 2 fonoaudiólogas, vinculados à Escola Especial Vivian Marçal. Todos os voluntários preencheram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido apresentado no APÊNDICE 2.

A pesquisa de campo e coleta de dados foi iniciada após parecer do comitê de ética de pesquisa da Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Toda coleta de dados foi realizada pela pesquisadora autora e ocorreu em uma sessão de um dia, pelo período da manhã. Os voluntários individualmente responderam ao Questionário 2 sobre o *layout* de teclado para comunicação alternativa, contido no APÊNDICE 4.

3.11.2.2 Protocolo 2

Por se tratar de um dispositivo portátil o Sistema Portátil de Comunicação Alternativa, foi levado pela pesquisadora autora até a residência ou local de trabalho dos voluntários.

A população envolvida nesta etapa da pesquisa constitui-se de pessoas hígdas com capacidade cognitiva, controle de movimentos de cabeça e alfabetizados. A amostra deste estudo foi constituída por voluntários hígdos com

capacidade cognitiva e controle de movimentos de cabeça. A partir dos referidos critérios, participaram da pesquisas 5 voluntários. Todos os voluntários preencheram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido apresentado no APÊNDICE 6. A pesquisa de campo e coleta de dados foi realizada pela pesquisadora autora.

A fase de testes, foi realizada num período de 1 dia, na qual os voluntários realizaram individualmente três sessões de 10 min de uso do dispositivo, pelo período da manhã ou da tarde. A primeira sessão serviu para o contato inicial do voluntário com o Sistema Portátil de Comunicação Alternativa. Nessa sessão, foi oferecida uma tarefa para o voluntário. As tarefas oferecidas e os dados obtidos foram anotados na ficha de testes, conforme APÊNDICE 5.

Como cada voluntário apresenta habilidades diferentes, os testes realizados foram individualizados e elaborados pela pesquisadora autora. Por exemplo, foi escolhida a tarefa de escrita da seguinte frase: “Menina teve uma ideia.” Essa frase faz parte do livro *Olha o Olho da Menina*, da autora Mariza Prado, com versão disponível na Internet, no endereço: <http://ipanema.com/livros/olha/cover.htm>.

Os textos selecionados, para caracterizar domínio público, concentram-se em páginas da *internet* dos seguintes endereços eletrônicos:

<http://ipanema.com/livros/olha/cover.htm>,

http://www.releituras.com/cmeireles_bemtevi.asp,

<http://virtualbooks.terra.com.br/>.

Na segunda sessão de testes, o voluntário teve 10 min para realizar qualquer tarefa a sua escolha. Na última sessão, a mesma tarefa realizada na primeira seção foi repetida, para que os dados obtidos pelo mesmo usuário pudessem ser comparados. Durante os testes, a pesquisadora autora cronometrou os tempos de acionamento de teclas.

3.11.2.3 Avaliação da Usabilidade e Transporte do Sistema

Na avaliação foram analisados os dados obtidos nos testes com os voluntários. A partir da análise, o sistema foi avaliado como um todo. Os resultados serão empregados como sugestões para desenvolvimento de futuros dispositivos.

Por se tratar de um projeto destinado à portadores de paralisia cerebral com capacidade cognitiva preservada, um cuidado especial foi tomado para avaliar se o voluntário teve algum progresso. Devido ao fato dos voluntários apresentarem habilidades diferentes, a avaliação dos dados ocorre de forma individualizada, ou seja, apenas são comparados os resultados obtidos pelo mesmo usuário.

Os voluntários avaliaram o dispositivo quanto à facilidade de uso e transporte. Para tanto foram, avaliados a partir do questionário, constante no APÊNDICE 8: tamanho do dispositivo, teclas e teclado; facilidade de localização de teclas e grupos de teclas; visualização das teclas alfabéticas, numéricas e comunicação alternativa; tamanho, cor e peso do boné ou faixa; facilidade de movimentação da cabeça usando o boné ou faixa; facilidade de colocar o boné ou faixa; aprovação de uso diário do dispositivo.

3.11.2. Avaliação do Índice de Dificuldade de Uso do Teclado Especial

A partir da lei de Fitt, foi avaliado o índice de dificuldade de uso do teclado especial. Essa lei envolve um modelo do comportamento psicomotor humano, baseado no tempo e na distância. Fitt descobriu que o tempo de um movimento é uma função logarítmica da distância, quando o tamanho do alvo é constante, e o tempo de movimento é uma função logarítmica do tamanho do alvo quando a distância também é constante (AMENTO et. al., 2008 e KING, 1999). A adaptação da lei de Fitt ao teclado, objeto do estudo proposto, pode ser escrita matematicamente através da equação (1):

$$MT = a + b \log_2(1 + D/W) \quad (1)$$

onde:

MT = tempo de movimento

a e b = constantes empíricas

D = distância da regressão do movimento do começo ao centro

W = largura do alvo

O teclado especial proposto, possui características diferentes de um teclado convencional. Portanto, optou-se por avaliar o tempo para apontar remotamente uma tecla. Para tanto, foram comparados os tempos para apontar teclas do

Protótipo 2 e do Teclado Especial. Justifica-se a escolha do Protótipo 2, pois o mesmo possui teclas com tamanho de teclas do teclado convencional.

Para o cálculo do tempo de apontamento de uma tecla, utilizou-se os princípios da lei de Fitt, através da equação (2):

$$T = k \log_2(D/S + 0.5) \quad (2)$$

onde:

D = distância da regressão do movimento do começo ao centro

S = largura do alvo

Utilizou-se a configuração de teclas da Figura 54 para realizar os cálculos. Os círculos representam os receptores de infravermelho, em cinza escuro o ponto de partida. O quadrado representam as teclas.

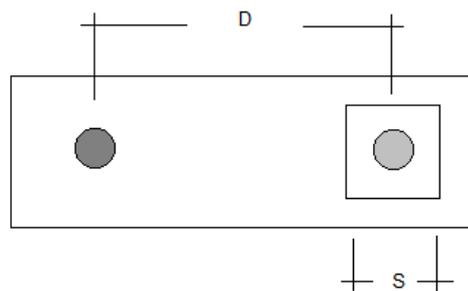


Figura 54 – Representação da tecla utilizada para o cálculo do índice de dificuldade de uso do teclado.

3.12 Riscos Oferecidos aos Voluntários

Quanto ao uso do sistema em termos de *software*, não existem riscos físicos ou psicológicos aos voluntários, fato que pode ser justificado pela utilização dos *softwares* na Escola Especial Vivian Marçal em aulas de informática.

O curto intervalo de tempo de utilização do sistema durante as sessões de testes e avaliação, 10 min, confirma a inexistência de riscos aos voluntários em termos de cansaço ou fadiga física, mental e psicológica.

Quanto ao *hardware* do sistema, todos os cuidados relacionados ao aquecimento, riscos de choque elétrico ou manual, foram tomados para que o dispositivo não apresente riscos ao usuário.

Uma atenção especial foi tomada para projetar o transmissor de sinal infravermelho, pelo fato do mesmo ser fixado externamente à cabeça do usuário. Para tanto, optou-se por usar alimentação com bateria de 3 V, adaptar o circuito eletrônico em caixa plástica e, por sua vez, adaptar essa caixa a um suporte tipo boné. Desta forma, o usuário fica completamente isolado do dispositivo de acionamento remoto.

O restante do *hardware* também é isolado eletronicamente e não existem cabos externos próximos ao usuário. Além disso, futuramente, ele pode ser adaptado para transporte em cadeiras de rodas de forma a ficar fixo, sem riscos de sofrer quedas e gerar acidentes ao usuário.

O sistema obedece a norma NBR IEC 60335-1, específica para aparelhos eletromédicos e eletroprofissionais; a norma NBR 9050 referente a acessibilidade em termos de construção, instalação e adaptação de edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos e a norma de ergonomia NR17, que visa a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas de trabalhadores.

CAPÍTULO □

RESULTADOS

Os resultados obtidos são provenientes dos dados dos testes de bancada e com voluntários. Os testes de bancada geraram dados sobre sensores emissores e receptores de sinal infravermelho, protótipos eletrônicos do teclado especial, interação do teclado especial com o sistema e interação de *hardware* e *software*. Nos testes com voluntários, os dados foram obtidos a partir das respostas a questionários sobre: o *layout* do teclado especial, acionamento do teclado especial e interação do teclado com o restante do sistema.

□1 Resultados dos Testes de Bancada

Após pesquisa a respeito de emissores e receptores de sinal infravermelho, componentes de computador, microcontroladores, vários componentes eletrônicos foram adquiridos e testados. Em especial os testes de bancada geraram resultados para escolha dos componentes eletrônicos que compõem o Sistema Portátil de Comunicação Alternativa, conforme descrito a seguir.

□1.1 Resultados dos Testes de Bancada com Sensores

Os resultados dos testes de bancada com sensores possibilitaram a escolha do emissor e receptores de sinal infravermelho a serem utilizados nos módulo emissor e receptor de sinal infravermelho que compõem o sistema. Esses testes são descritos a seguir.

□1.1.1 Resultados dos Testes de Bancada com o Emissor

Verificou-se que praticamente todos os emissores de sinal infravermelho apresentaram resultados semelhantes. Entretanto, o LED 55B apresentou um melhor resultado, por conter um invólucro metálico que o protege de interferências, além de uma lente que limita o feixe de sinal infravermelho emitido.

Apesar do LED55B apresentar um bom resultado, foi necessário o uso de um amplificador de sinal visando garantir um alcance maior do sinal emitido. A configuração de amplificador que apresentou melhores resultados foi a “não-inversora”.

Após a montagem do módulo emissor de sinal infravermelho com o amplificador, testes para verificar a distância de acionamento do teclado especial, foram realizados.

Os dados obtidos com os testes indicam que com o aumento da distância entre emissor e receptor, ocorre uma diminuição da intensidade luminosa do sinal transmitido pelo emissor. A intensidade luminosa diminui 53,57% a partir de uma distância de 40 cm, mesmo assim, o receptor é capaz de detectar o sinal. Isso ocorre graças à configuração interna do sensor receptor de sinal infravermelho, que amplifica, limita, filtra, demodula, integra e compara o sinal infravermelho recebido do emissor.

Na Figura 55, pode-se observar o gráfico da intensidade luminosa do sinal infravermelho (μW vs. distância entre o receptor infravermelho e o emissor de sinal infravermelho (cm).

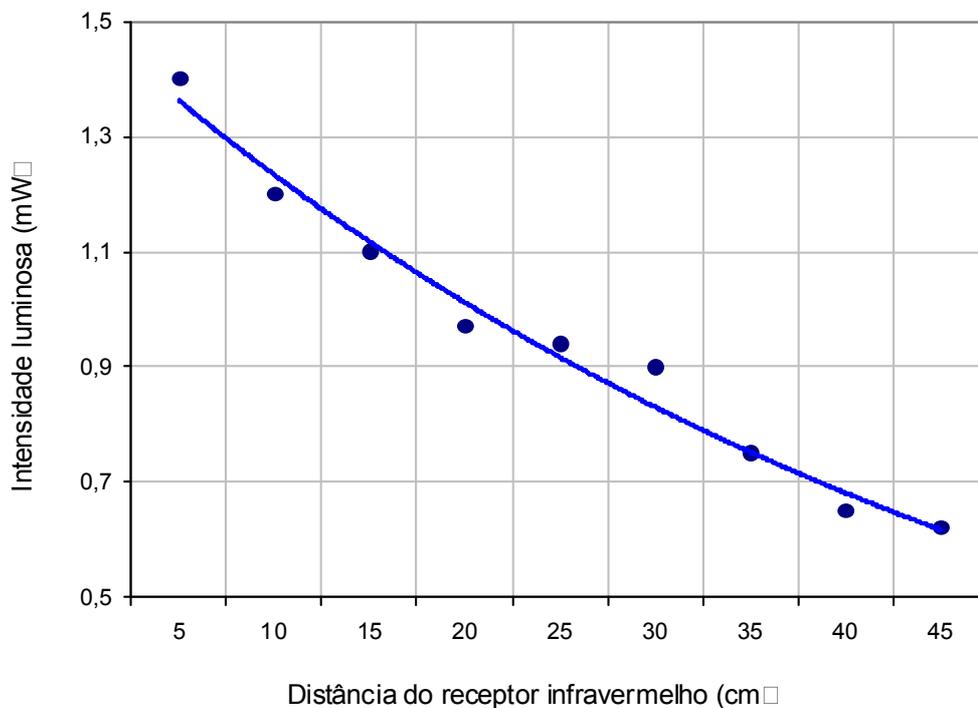


Figura 55 - Gráfico da intensidade luminosa (mW) vs. distância entre transmissor e receptor de sinal infravermelho (cm).

□1.1.2 Resultados dos Testes de Bancada com os Receptores

Os testes iniciais de recepção do sinal infravermelho foram realizados com os seguintes receptores: OP505, BPW85, BPW71N, TIL78, TIL31, MRD300. Infelizmente, todos esses componentes apresentavam uma variação de tensão em mV, o que exigia o uso de um amplificador de tensão para que o microprocessador pudesse fazer o reconhecimento da variação de tensão. Para tanto, testes foram realizados com os CIs: UA741, CA31, LM3900, LM324, TL064, sendo que o CI que apresentou o melhor desempenho nos testes foi o UA741. Entretanto, o uso de qualquer desses receptores tornaria o circuito mais complexo devido a necessidade de uso de 24 CIs do UA741, além do filtro passa-baixa para cada tecla. Portanto, uma nova solução foi buscada.

Testes foram realizados com circuitos integrados que possuem internamente receptor de sinal infravermelho, amplificador de sinal e filtros. Dentre eles, o CI GP1UW701QS obteve o maior alcance. O receptor MRD300 também apresentou bons resultados quanto ao ruído e à interferência. A única dificuldade observada foi relacionada à distância. Quanto maior a distância, mais fraco era o sinal recebido.

O CI GP1UW701QS apresentou um bom desempenho, entretanto, quando duas ou mais teclas eram implementadas, não era possível realizar a seleção de apenas uma delas, devido ao raio de alcance do receptor e ao feixe de sinal infravermelho emitido pelo LED55B. Para tentar solucionar esse problema, o ganho do amplificador em cascata foi alterado, entretanto o alcance foi reduzido. Uma nova solução foi o uso de uma lente convergente para limitar o feixe do sinal infravermelho emitido. Os testes iniciais foram realizados com lentes de um microscópio. O resultado foi ótimo e uma lente convergente de 10° foi adaptada ao módulo emissor.

Medindo-se a tensão de saída do receptor em relação ao deslocamento angular, observa-se que a partir de uma inclinação de 20° , em qualquer direção, o receptor já apresenta uma queda de tensão. Entretanto, só a partir de 15° ele é capaz de demodular o sinal do transmissor e acionar o LED de sinalização.

O acionamento ocorre com uma tensão variável de 3,68 a 4,91 V. A representação do sinal de saída do receptor pode ser observada no gráfico da Figura 56.

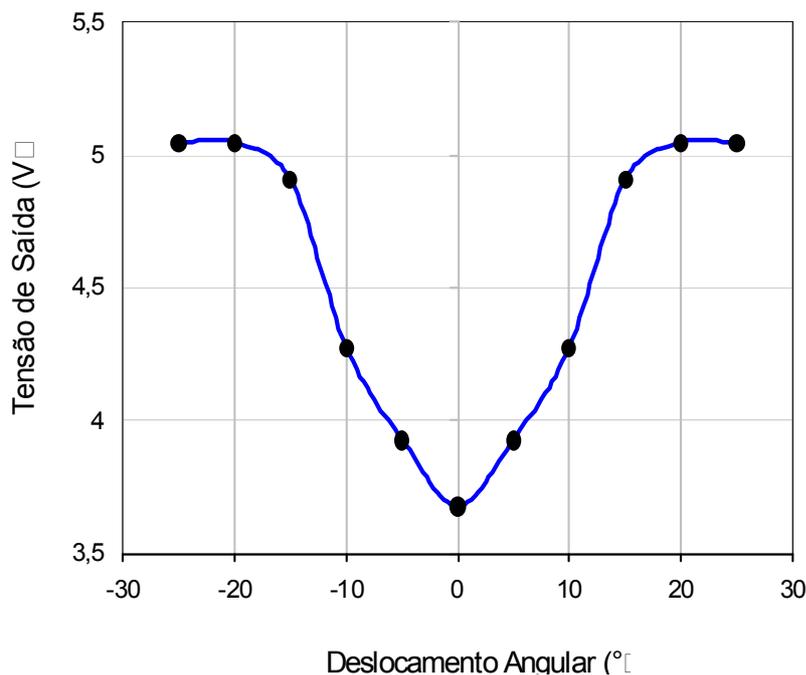


Figura 56 - Gráfico da tensão de saída do receptor (V) vs. deslocamento angular (°)

1.2 Resultados dos Testes de Bancada com Protótipos Eletrônicos do Teclado Especial

Comprovado o funcionamento da técnica para o acionamento remoto das teclas, através dos testes com os 9 receptores de sinal infravermelho, dispostos em matriz de 3x3; o Protótipo 1 do teclado especial com acionamento remoto foi montado. A Figura 57 apresenta o protótipo, observa-se nela destaque para: 1 LED, 1 receptor e 1 filtro passa-baixa.

A linha superior do teclado foi destinada às teclas de comunicação alternativa, abaixo do lado esquerdo estão as teclas alfabéticas dispostas conforme o teclado convencional; ao lado direito dessas teclas localizam-se teclas de funções e, por fim, do lado direito do teclado encontram-se as teclas acentuadas.

Este protótipo foi amplamente testado. As teclas podem ser acionadas facilmente com ótima resposta. A confecção desse protótipo comprovou a técnica para um número maior de teclas, além de auxiliar para elaboração de novo *layout* para o teclado especial.

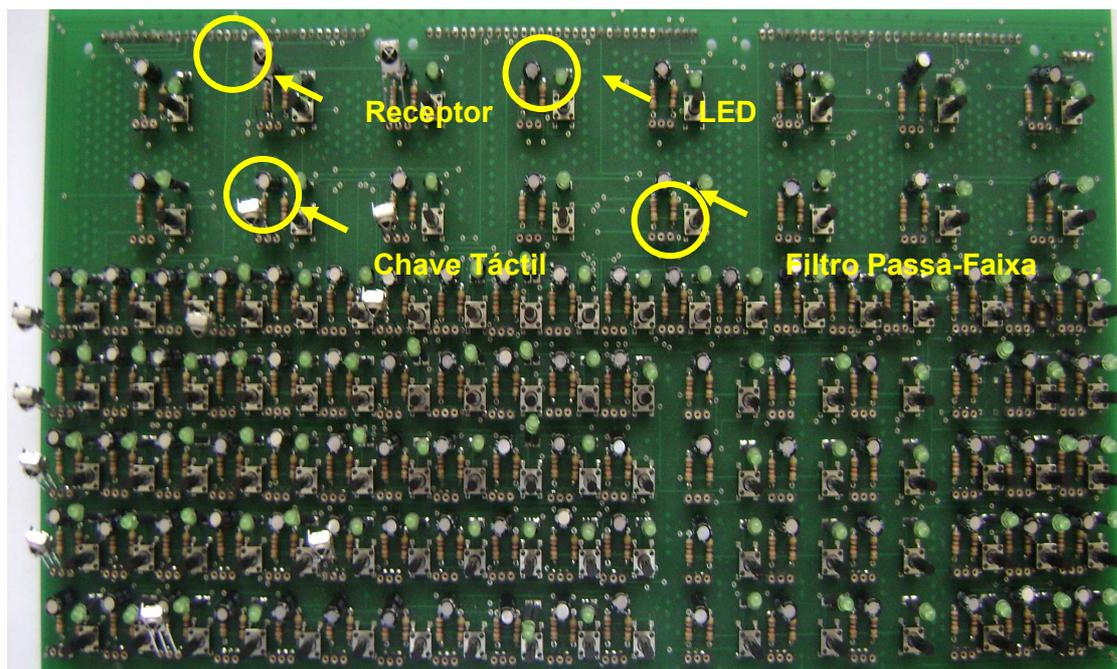


Figura 58 – Protótipo 2 do Teclado Especial com acionamento remoto e manual.

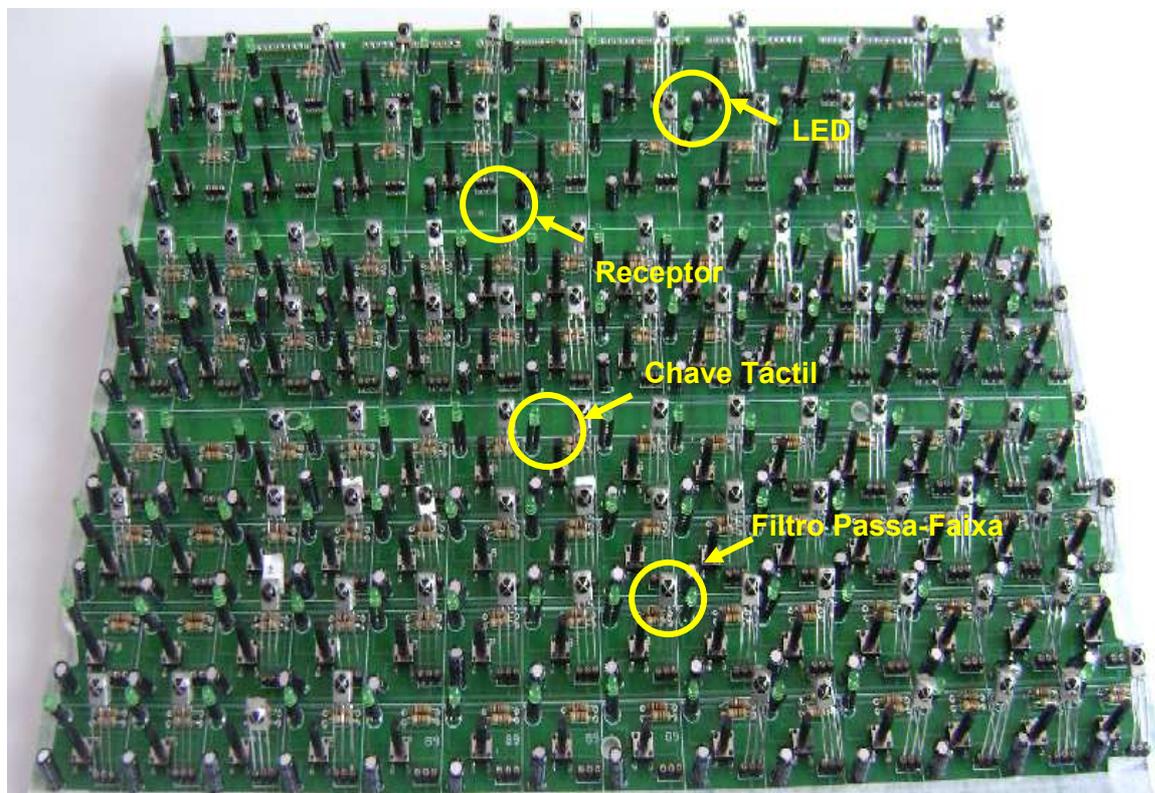


Figura 59 – Teclado Especial do Sistema Portátil de Comunicação Alternativa com acionamento remoto e manual.

1.3 Resultados dos Testes de Bancada de Interação do Teclado Especial com o Sistema

Todo *hardware* do sistema foi testado, inclusive o funcionamento da fonte de alimentação, placa mãe, disco rígido, áudio, drive de CD, LCD, além do teclado especial.

Para transportar todo o sistema, um gabinete foi construído. Na Figura 60 estão as fotos do gabinete contendo a placa mãe, disco rígido, áudio, drive de CD que compõem o sistema; em (A) está uma vista superior do gabinete aberto e em (B) uma vista lateral esquerda do gabinete aberto.



(A)



(B)

Figura 60 - Fotos do gabinete contendo a placa mãe, disco rígido, áudio, drive de CD que compõem o sistema. Em (A) superior do gabinete aberto e em (B) lateral esquerda do gabinete aberto.

Na Figura 61 apresenta as fotos do gabinete (A) uma vista lateral direita do gabinete. Em (B) uma vista do mini teclado sendo retirado de dentro do gabinete.



(A)



(B)

Figura 61 – Fotos do gabinete (A) uma vista lateral direita do gabinete. Em (B) uma vista do mini teclado sendo retirado de dentro do gabinete.

A Figura 62 mostra em A as fotos da placa controlada e em B do teclado, posicionados no gabinete.



Figura 62 - Fotos do gabinete contendo placa controladora em (A) e teclado em (B).

A Figura 63 mostra uma foto do gabinete do sistema, nota-se a presença do *layout* de teclado, que está posicionado sobre o teclado.



Figura 63 - Foto do gabinete do Sistema Portátil de Comunicação Alternativa.

O peso total do gabinete é de 3,9 kg e mede 38 cm de comprimento, 29 cm de largura, altura frontal de 5 cm e altura dorsal de 12 cm. A inclinação do teclado, para facilitar a visualização e acionamento das teclas é de 15°. Esse valor de inclinação foi obtido a partir de testes práticos utilizando-se o acionamento remoto via emissor de sinal infravermelho.

□1.□ Resultados dos Testes de Bancada de Interação de *Hardware* e *Software*

Devido as melhorias efetuadas no *firmware* do microcontrolador principal e às mudanças no *layout* do teclado, o sistema funcionou adequadamente com os *softwares* de comunicação alternativa escolhidos para compor o sistema. Além disso, o acionamento do *mouse* diretamente no teclado, observou-se que o uso de outros *softwares* ficou facilitado devido a possibilidade de acionamento de *menus*.

□2 Resultados dos Testes Práticos com Voluntários

Além dos testes com o *hardware* das teclas, foram realizados dois protocolos de testes com voluntários: um referente ao *layout* do teclado especial de comunicação alternativa e outro para comprovar o funcionamento do teclado especial e do sistema como um todo.

□2.1 Resultados dos Testes Práticos do Protocolo 1 para Validação do *Layout* do Teclado de Comunicação Alternativa e Aumentativa

Para validação do *layout* de teclado de comunicação alternativa e aumentativa, foram realizadas duas pesquisas de campo, de acordo com o Protocolo 1 de testes, fases 1 e 2. A seguir, são apresentados os resultados dessas pesquisas.

□2.1.1 Resultados dos Testes Práticos do Protocolo 1 – Fase 1 para Validação do *Layout* de Teclado de Comunicação Alternativa e Aumentativa

Na primeira pesquisa os dados obtidos foram utilizados para propor um *layout* de teclado especial. Esse *layout* de teclado foi cuidadosamente estudado e reformulado. Os dados obtidos com a pesquisa foram avaliados e utilizados para compor o *layout* especial do teclado do Sistema Portátil de Comunicação Alternativa.

Os primeiros testes referentes ao *layout* do teclado especial foram realizados por oito profissionais da Escola de Educação Especial Vivian Marçal.

O *layout* teste 1 do teclado contendo localizações, tamanhos e sequências de teclas, caracteres e símbolos pictográficos, está representado na Figura 50. Esse *layout* foi projetado para conter 105 teclas, divididas em quatro grupos: de funções, alfabéticas, numéricas e especiais de comunicação alternativa. Essa proposta foi avaliada a partir das respostas das voluntárias ao Questionário 1, conforme APÊNDICE 3. Todos voluntários sugeriram diminuir o número de teclas de comunicação alternativa e agrupá-las apenas na parte superior do teclado.

Para compor o conteúdo dessas teclas, foi realizado um levantamento das principais frases e palavras utilizadas no cotidiano dos voluntários portadores de paralisia cerebral com capacidade cognitiva preservada.

A Tabela 1 apresenta a porcentagem de características do teclado proposto aprovadas pelas voluntárias.

Tabela 1 - Porcentagem de características comuns escolhidas pelas voluntárias

Características		Características comuns (%)
Caracteres	Pretos	90,0
	Coloridos	100,0
Tamanhos	Consoantes	100,0
	Vogais iguais consoantes	16,6
	Vogais ampliadas	83,4
	Teclas de funções	100,0
	Teclas alfabéticas	100,0
	Teclas numéricas	100,0
	Letras das teclas de CA	90,0
	Símbolos pictográficos	100,0
	Posicionamento	Teclas de CA
Teclas de funções		80,0
Teclas alfabéticas		100,0
Teclas numéricas		100,0

A partir da pesquisa teórica realizada e os dados provenientes da avaliação foram escolhidas as cores, tamanhos e sequências diferentes de teclas, letras, números e símbolos para compor o teclado teste 2.

Na Figura 50, pode-se visualizar o *layout* teste 2 do teclado especial projetado a partir do *layout* teste 1 do teclado especial. O *layout* teste 2 era composto por 96 teclas, divididas em 4 grupos: o primeiro denominado grupo das teclas de comunicação alternativa, o segundo grupo de teclas alfabéticas, seguido pelo grupo das teclas de funções e, por último, o grupo das teclas numéricas.

O grupo das teclas de comunicação alternativa era formado por 16 teclas dispostas na linha superior do teclado. Essas teclas continham palavras ou frases escolhidas a partir do Questionário 1 do APÊNDICE 3. Nesse grupo de teclas, todas as letras são pretas sobre um fundo branco, com fonte Arial, estilo negrito e tamanho 12. Além das palavras ou frases, essas teclas, possuem símbolos pictográficos pertencente a Linguagem Visual Brasileira de Comunicação Pictográfica correspondentes aos seus conteúdos. Esses conteúdos foram escolhidos a partir das respostas das voluntárias ao Questionário 1, apresentado no APÊNDICE 3.

O grupo das teclas alfabéticas estava localizado abaixo do grupo das teclas de comunicação alternativa do lado esquerdo do teclado, composto por 53 teclas de letras, símbolos, teclas de acentuação, teclas de pontuação, além das teclas “Limpar”, “Enter” e “Espaço”. Essas 3 últimas teclas eram ampliadas para facilitar o acionamento. As letras eram dispostas em sequência alfabética, em 3 linhas e 10 colunas alinhadas. As letras acentuadas ficavam na linha superior do grupo e seguiam a ordem alfabética.

No lado direito do grupo das teclas alfabéticas estava localizado o grupo das teclas de funções. Eram 12 teclas dispostas em matriz de 3 linhas e 3 colunas. O tamanho das teclas era ampliado para facilitar o acionamento e possuíam caracteres pretos sobre fundo branco, com fonte Arial tamanho 24.

O grupo das teclas numéricas, localizado ao lado direito do teclado, era constituído por 15 teclas posicionadas em matriz de 5 linhas e 3 colunas. A sequência numérica escolhida baseava-se do menor para o maior número e de cima para baixo.

Adotou-se o uso de teclas de 1,70 x 1,70 cm², conforme dimensões de teclas do teclado convencional (ROSCH, 1993). Essas teclas possuíam caracteres pretos sobre fundo branco, com fonte Arial tamanho 24, estilo negrito.

2.1.2 Resultados dos Testes Práticos do Protocolo 1 – Fase 2 para Validação do *Layout* de Teclado de Comunicação Alternativa e Aumentativa

Na fase 2 dos testes práticos do Protocolo1, participaram onze profissionais da Escola de Educação Especial Vivian Marçal. Cada voluntária recebeu um número aleatório de 1 a 11.

A partir das respostas ao Questionário 2, contido no APÊNDICE 4, uma análise dos dados levou a composição dos gráficos apresentados na sequência.

Como metodologia para compor os gráficos, utilizou-se a média das notas para cada pergunta por voluntária. Em seguida, esses dados foram transformados em percentual.

Para facilitar o entendimento, as perguntas foram agrupadas nos temas: facilidade de localização, tamanho adequado, tamanho de caracteres, facilidade de visualização, cores, letras ampliadas e *layout* de teclado.

A Figura 64 apresenta o gráfico da média de aprovação das características do *layout* teste 4. Os dados para compor o gráfico foram obtidos a partir das respostas às 21 perguntas objetivas apresentadas no Questionário 2 do APÊNDICE 4. Observa-se que as características foram aprovadas em: 100% pelas voluntárias 4, 5, 6, 7 e 8; 99,52% pela voluntária 3; 99,04% pelas voluntárias 1 e 11; 97,14% pela voluntária 2 e 94,76% pelas voluntárias 9 e 10.

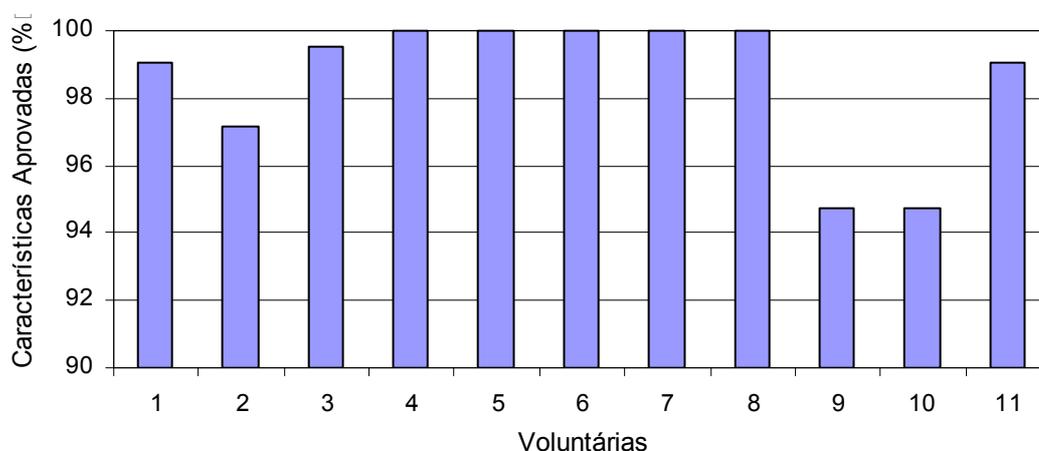


Figura 64 - Representação da média de aprovação das características presentes nas 21 perguntas do Quadro1 vs. voluntárias.

Na Figura 65, miram-se os resultados relativos à aprovação quanto à facilidade de localização de grupos de teclas e localização das teclas devido à separação do *layout* em grupos. Apenas a facilidade de localização dos grupos de teclas foi aprovada em 90% pelas voluntárias 3, 9 e 10, essa característica foi aprovada em 100% pelas demais voluntárias. A facilidade de localização das teclas devido à separação do *layout* em grupos foi aprovada em 100% por todas voluntárias.

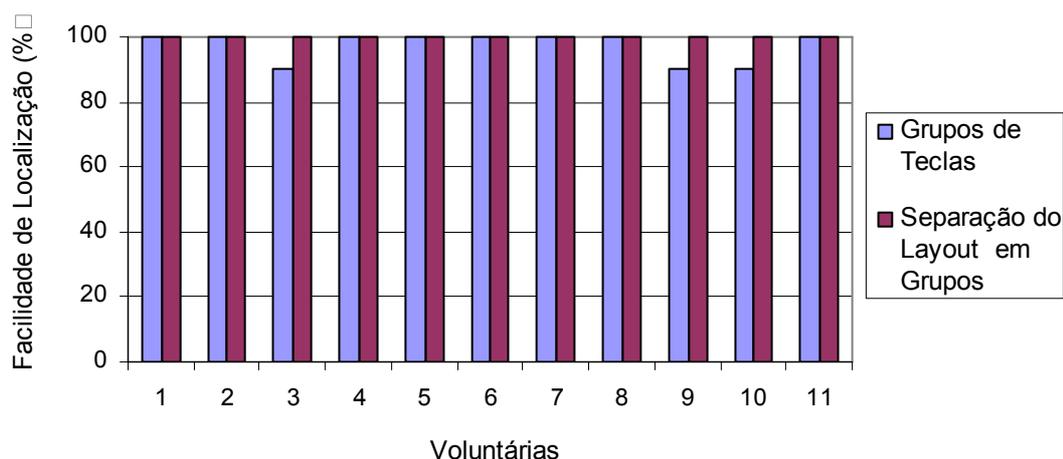


Figura 65 - Representação da taxa de aprovação (em percentual) da facilidade de localização dos grupos de teclas e separação das teclas em grupos vs. voluntárias.

A representação percentual do tamanho adequado do teclado, teclas alfabéticas, teclas numéricas, teclas de funções e teclas especiais de comunicação vs. voluntárias, pode ser observada na Figura 66. As voluntárias 1 e 2 aprovaram em 90% a característica referente ao tamanho do teclado. A voluntária 2 aprovou em 90% o tamanho das teclas alfabéticas. As demais voluntárias aprovaram em 100% o tamanho dos grupos de teclas e a separação do *layout* em grupos.

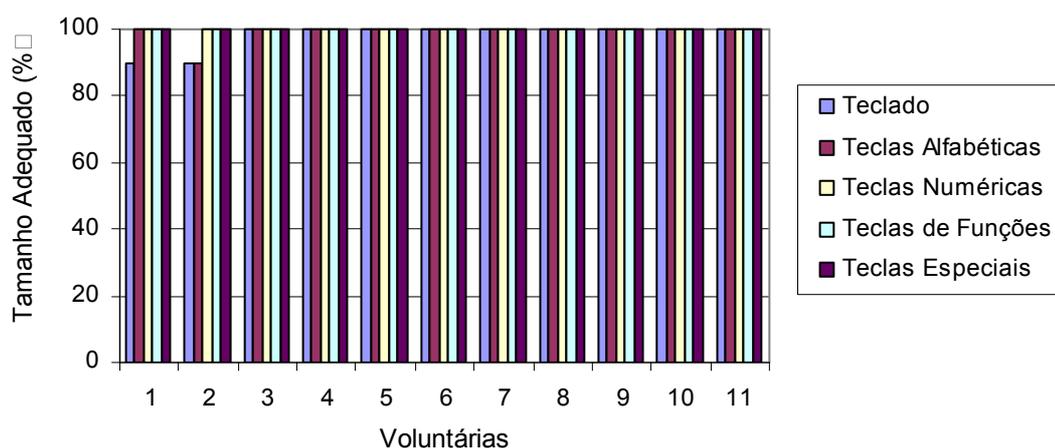


Figura 66 – Representação do tamanho adequado do teclado, teclas alfabéticas, teclas numéricas, teclas de funções e teclas especiais de comunicação vs. voluntárias.

Na Figura 67, apresentam-se os resultados referentes ao índice de aceitação dos tamanhos dos caracteres das teclas alfabéticas, numéricas, de funções, especiais de comunicação. As voluntárias, com exceção da voluntária 2, aprovaram em 100% as características pesquisadas.

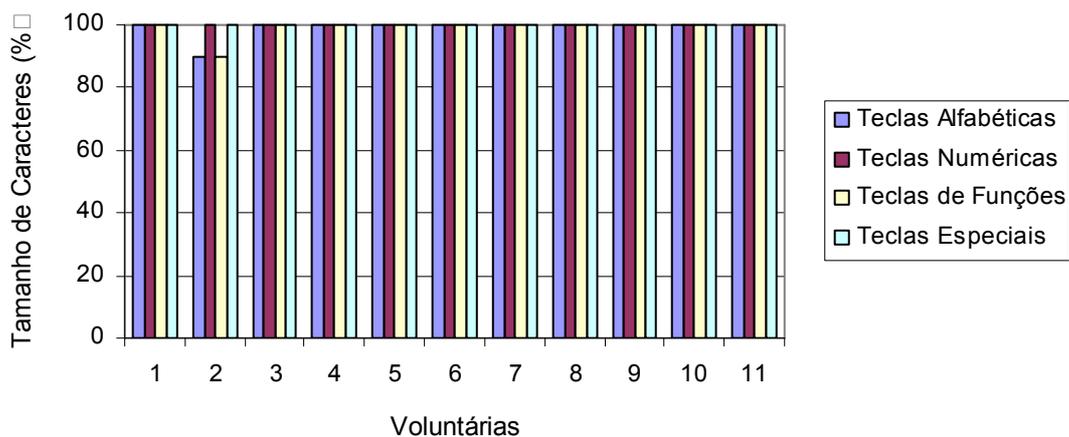


Figura 67 – Representação da aceitação do tamanho de caracteres das teclas alfabéticas, teclas numéricas, teclas de funções e teclas especiais de comunicação vs. voluntárias.

Na figura 68, pode-se observar os resultados das questões referentes à facilidade de visualização das teclas e ícones vs. voluntárias. As voluntárias 2, 9 e 10 aprovaram em 90% a facilidade de localização das teclas numérica e ícones. As voluntárias 9 e 10 aprovaram em 90% a facilidade de localização das teclas de funções e especiais.

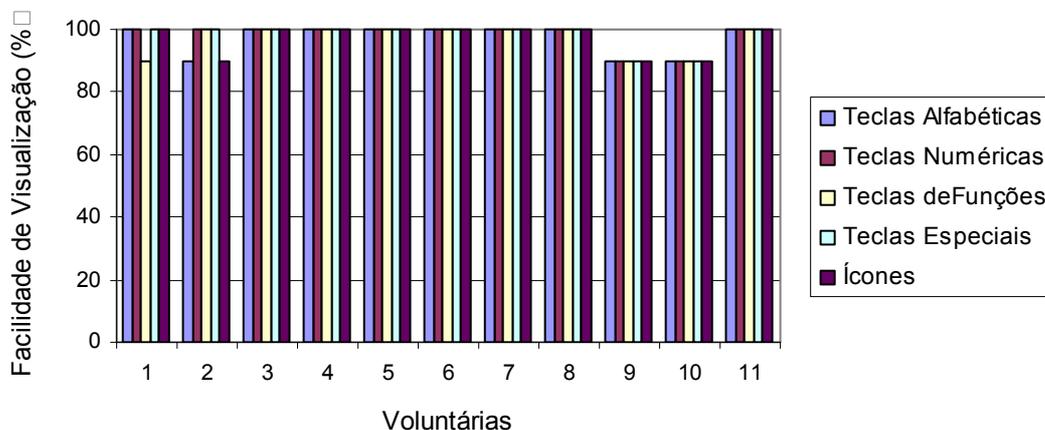


Figura 68 – Representação dos resultados relativos à facilidade de visualização das teclas: alfabéticas, numéricas, de funções, especiais de comunicação e ícones vs. voluntárias.

A Figura 69 ilustra os resultados da avaliação do emprego das cores para facilitar a localização das teclas: preta para compor os caracteres, branca e diferenciadas como fundo. Observa-se que o uso de caracteres na cor preta foi aprovado em 100% por todas voluntárias. O uso de cores de fundo diferenciadas foi aprovada em 80% pelas voluntárias 9 e 10 e em 100% pelas demais voluntárias.

Além disso, o uso de cores de fundo foi aprovada em 100% por todas voluntárias, com exceção da voluntária 11 que aprovou a característica em 80%.

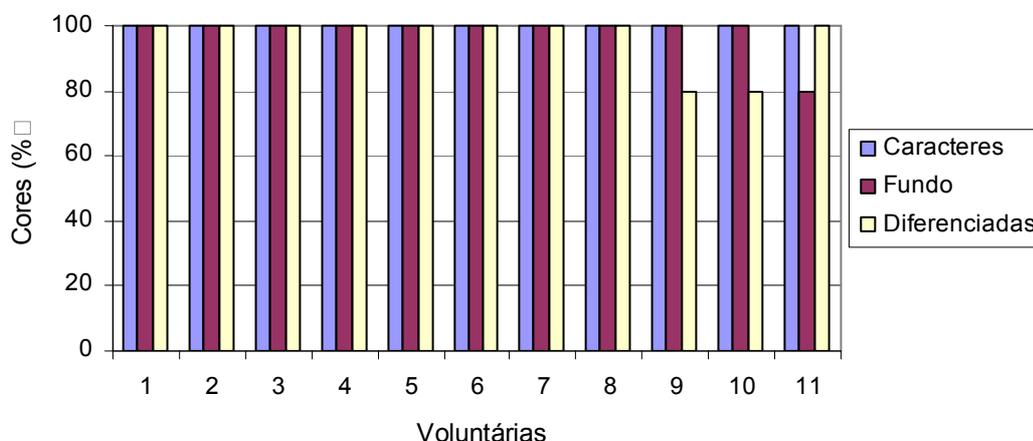


Figura 69 – Representação das cores dos caracteres, dos fundos das teclas e diferenciadas vs. voluntárias.

O resultado da utilização de letras ampliadas, está apresentado na Figura 70. As voluntárias 9 e 10 aprovaram essa característica em 90%, as demais voluntárias em 100%.

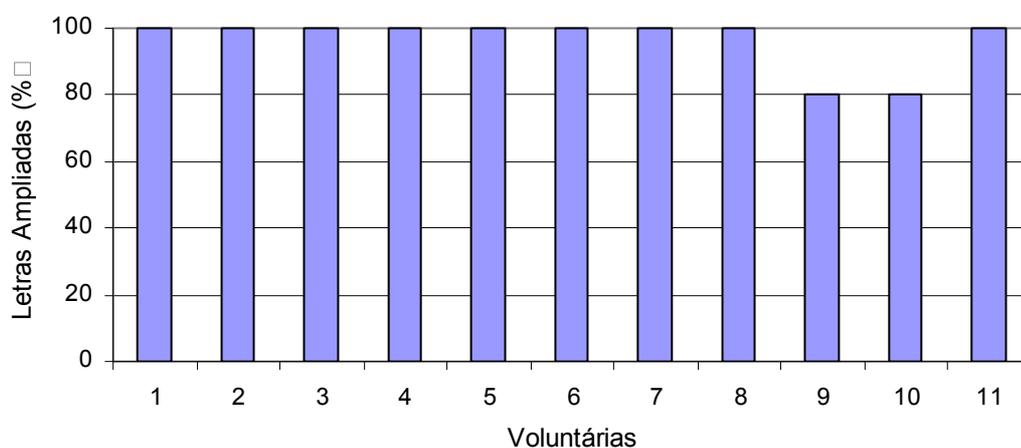


Figura 70 – Representação em porcentagem do uso de letras ampliadas vs. voluntárias.

Na Figura 71, ilustra-se o nível de facilitação de compreensão do *layout* de comunicação alternativa para portadores de paralisia cerebral com capacidade cognitiva preservada. Apenas as voluntárias 9 e 10 aprovaram em 90% a característica pesquisada, as demais voluntárias aprovaram em 100%.

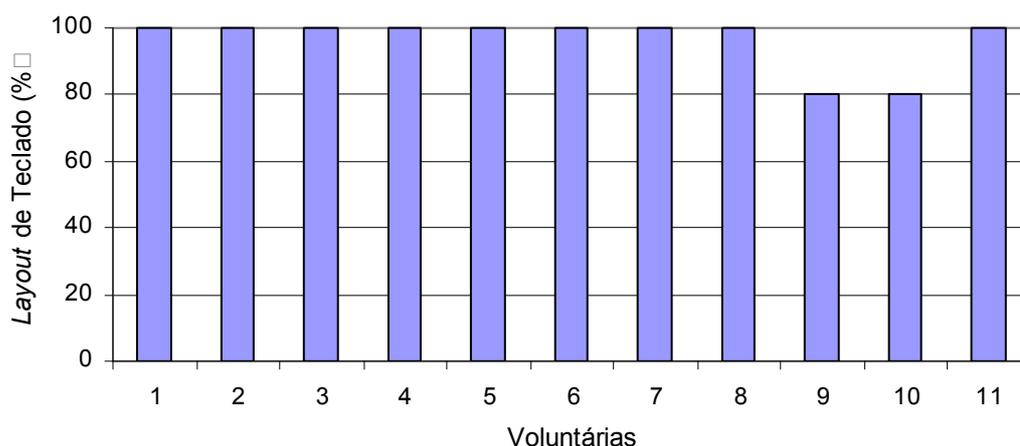


Figura 71 – Representação do nível de facilitação de compreensão do *layout* pelas voluntárias.

O conteúdo das teclas especiais de comunicação alternativa contendo ícones, foi escolhido a partir das sugestões de palavras e frases provenientes dos questionários 1 e 2, apresentados nos APÊNDICE 3 e 4.

Foram avaliadas 26 palavras ou frases ou ideias do cotidiano de portadores de paralisia cerebral, das quais apenas 20 palavras ou frases ou ideias relacionadas foram sugeridas por todas as voluntárias e, portanto, escolhidas para compor o *layout* especial. Os resultados, em porcentagem, com as sugestões estão representados a seguir na Tabela 2.

A partir das sugestões a respeito das melhorias a serem feitas, decidiu-se, ampliar os caracteres das teclas de funções e mudar o contorno das teclas de vogais para amarelo, obteve-se como resultado o *layout* de teclado de comunicação alternativa apresentado na Figura 72.

Observa-se que o uso da cor amarela para as vogais, além de destacá-las para facilitar a localização no teclado, auxilia na orientação espacial do centro do teclado.

O *layout* mede 35 x 33 cm² e possui 3 grandes blocos. O primeiro formado pelas teclas de comunicação alternativa contendo ícones e legenda, as teclas são de 3,5 x 3,5 cm² contendo ícones de 2,1 x 2,1 cm², caracteres pretos com fonte Arial 14 e fundo branco. O segundo bloco é formado pelas teclas acentuadas e numéricas. As teclas medem 2,5 x 2,5 cm², possuem caracteres pretos, fonte Arial 32 e fundo branco.

As teclas numéricas estão em sequência numérica crescente, seguidas dos sinais de soma, subtração, multiplicação e divisão. A segunda linha contém letras

acentuadas na sequência alfabética e os caracteres @ e \$. No último bloco, observa-se as teclas alfabéticas medindo 2,5 x 2,5 cm². As consoantes utilizam fonte Arial 14 e fundo branco; já as vogais, fonte Arial 32 e fundo amarelo.

Tabela 2 – Quantidade de Palavras e Frases escolhidas pelas voluntárias.

Palavras ou Frases	Quantidade Escolhida (%)
Brinquedo	100
Ele	100
Ela	100
Estou alegre	100
Estou com fome	100
Estou com sede	100
Estou triste	100
Família	100
Meu nome é	100
Não	100
Obrigado	100
Oi	100
Por favor	100
Preciso de ajuda	100
Professora	100
Qual seu nome?	100
Sim	100
Tchau	100
Vocês	100
Amigos	9,09
Escola	9,09
Não entendi	9,09
Ônibus	9,09
Profissionais	9,09
Quer jogar comigo?	9,09
Vamos jogar novamente?	9,09

No lado esquerdo, estão as teclas “TAB”, “CAPSLOCK” e “CTRL”, medindo 5 x 2,5 cm², com fonte Arial 14 e contorno na cor cinza. No lado direito, estão as teclas: “BACKSPACE”, medindo 5 x 2,5 cm², na cor vermelha; “ENTER” na cor azul. Na parte central inferior do teclado, está localizada a maior tecla do teclado especial, é a tecla de espaço que mede 10 x 2,5 cm².

Em destaque na cor verde estão as teclas de acesso ao mouse quando a acessibilidade ao teclado e mouse do sistema operacional Microsoft Windows XP ou Vista está ativada. As teclas para: cima, baixo, esquerda e direita, possuem setas na cor preta, fundo verde claro e contorno em verde escuro. A tecla “CLICAR” possui fonte Arial 14 na cor preta, fundo verde claro e contorno em verde escuro.

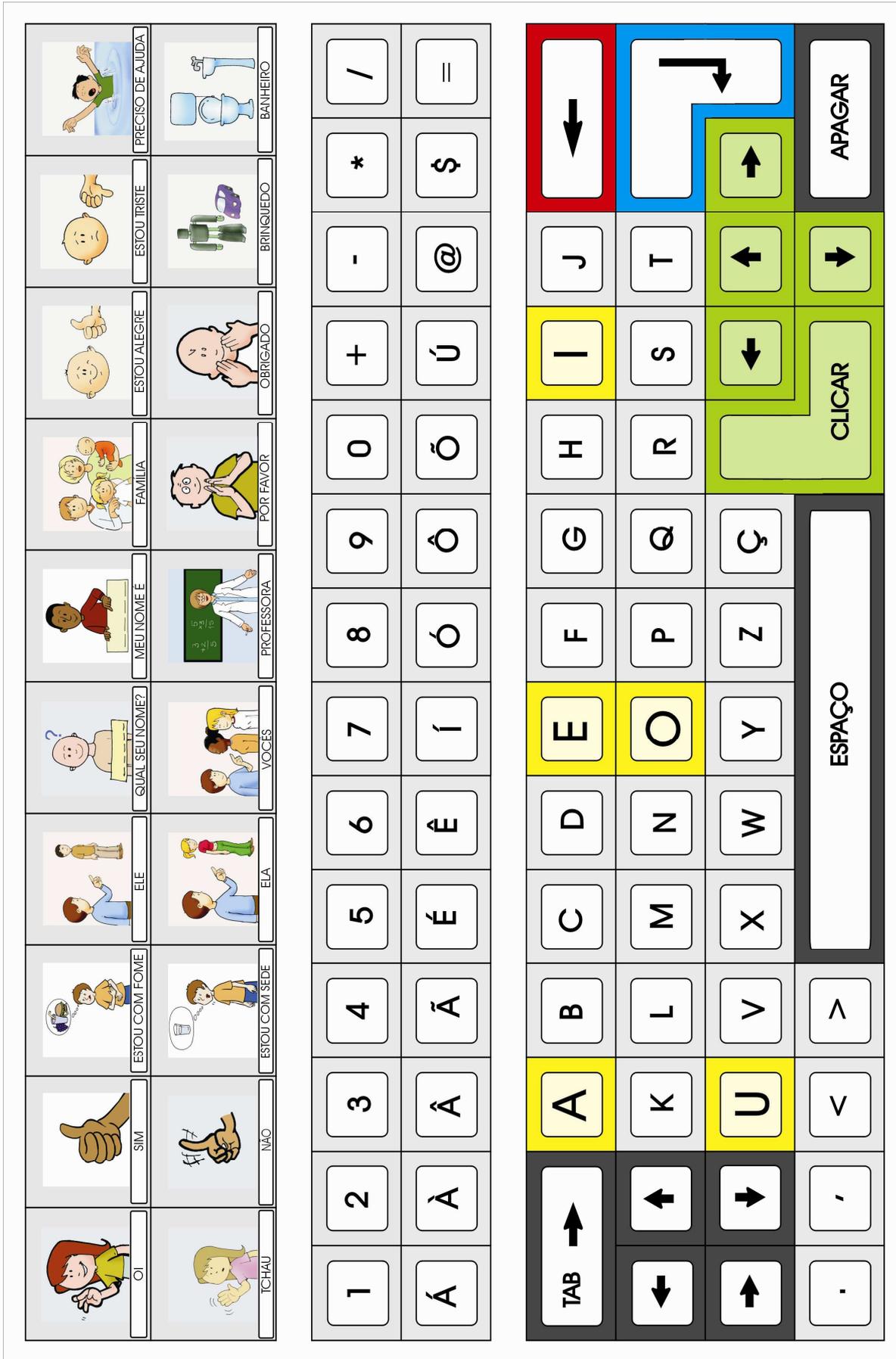


Figura 72 - Representação do layout de teclado de comunicação alternativa para prancha de comunicação.

A Figura 73, apresenta em (A) uma tecla de comunicação alternativa e em (B) uma tecla numérica, onde o círculo cinza no canto superior direito das teclas representa do receptor de sinal infravermelho e o círculo verde no canto superior esquerdo das teclas representa o LED de sinalização. Observa-se que tanto o receptor de infravermelho, quanto o LED de sinalização estão localizados nas bordas das teclas para não prejudicarem no *layout* do conteúdo das teclas.

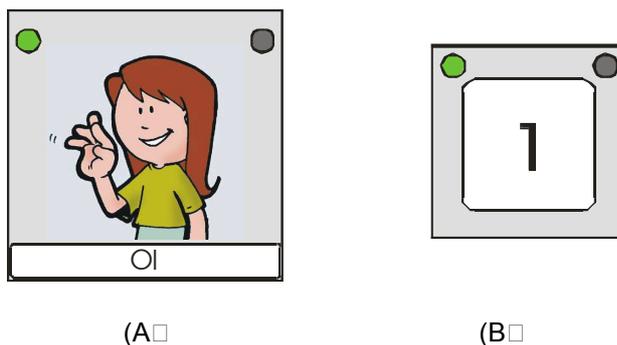


Figura 73 – Representação do posicionamento do LED (círculo verde) e do receptor de sinal infravermelho (círculo cinza) em uma tecla de comunicação alternativa em (A) e em uma tecla numérica em (B).

2.2 Resultados dos Testes Práticos do Protocolo 2 com o Sistema Portátil de Comunicação Alternativa

Os testes para validação do funcionamento da técnica de acionamento remoto do teclado especial foram divididos em duas fases, sendo uma sem treinamento do uso do dispositivo e outra com treinamento. Esses testes seguiram o Protocolo 2 de testes práticos com o Sistema Portátil de comunicação Alternativa com voluntários apresentado.

Duas tarefas foram escolhidas para a realização dos testes em cada sessão. A primeira tarefa consistiu na digitação da sequência numérica crescente dos números: 1 a 9. Na Figura 74, apresenta-se o gráfico com os resultados do tempo de seleção das teclas, seguindo a sequência numérica de 1 a 9. Observar em azul, os resultados do teste com a sequência numérica crescente de 1 a 9 sem treinamento e, em amarelo, os resultados do teste com treinamento dos voluntários. Observa-se que após o treinamento, o tempo de seleção da sequência numérica foi reduzido em 9,5%.

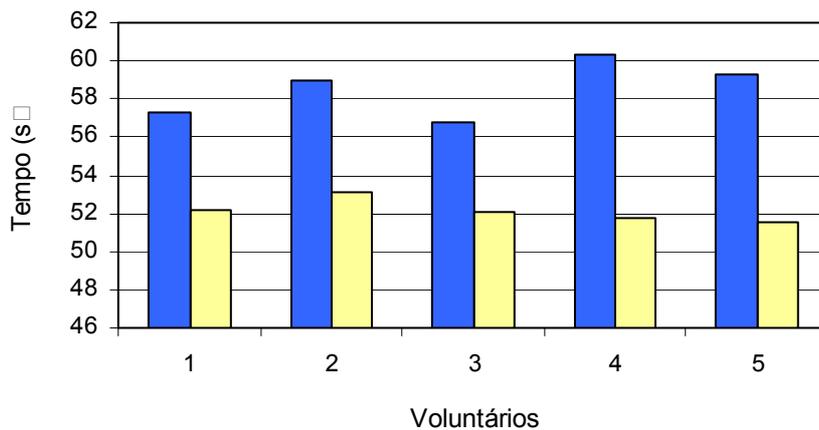


Figura 74 - Tempo (s) de seleção da sequência numérica crescente de 1 a 9, sem treinamento em cinza claro e com treinamento em cinza escuro vs. voluntários.

A segunda tarefa consistiu em digitar a palavra “Obrigado” com teclas alfabéticas e teclas de comunicação alternativa. Na Figura 75, pode-se observar o gráfico de tempo (s) de seleção de uma palavra vs. voluntários. Os resultados do teste com seleção da palavra “Obrigado” sem treinamento dos voluntários estão em azul e em amarelo os resultados do teste com treinamento dos voluntários. Apesar da distância entre as letras, o que sugere uma possível seleção mais complicada do que na sequência numérica, após o treinamento o tempo de seleção foi reduzido em 10,9%.

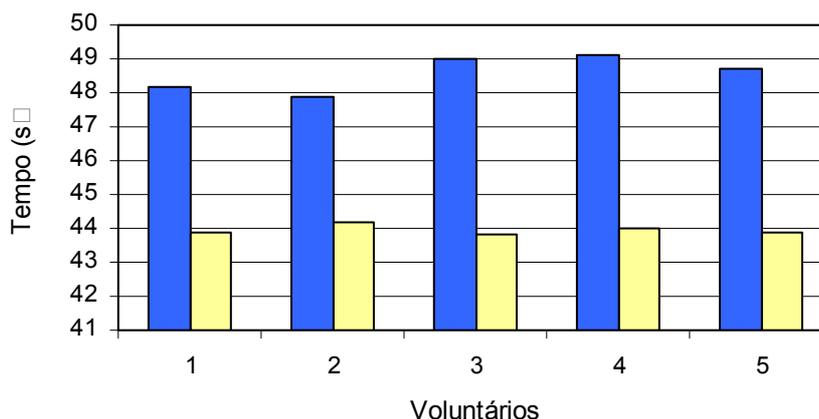


Figura 75 - Tempo (s) de seleção da palavra “Obrigado”, sem treinamento em cinza claro e com treinamento em cinza escuro vs. voluntários.

Os resultados dos testes de seleção da palavra “Obrigado”, utilizando as teclas de comunicação alternativa podem ser observados na Figura 76.

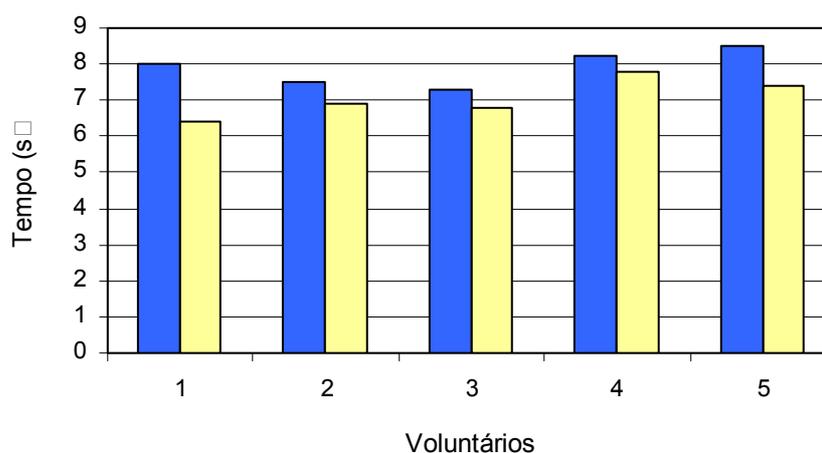


Figura 76 - Tempo (s) de seleção da tecla de comunicação alternativa e aumentativa contendo a palavra “Obrigado”, sem treinamento em cinza claro e com treinamento em cinza escuro vs. voluntários.

Em azul, estão representados os resultados do teste de seleção da tecla de comunicação alternativa e aumentativa contendo a palavra “Obrigado”, sem treinamento e, em amarelo, após o treinamento. O tempo de seleção de uma tecla de comunicação alternativa foi reduzido em 10,6%, após o treinamento.

2.3 Resultados da Avaliação da Facilidade de Uso e Transporte do Sistema

Os dados necessários para avaliar a facilidade de uso e transporte dos sistema, foram obtidos a partir das respostas ao questionário de avaliação do sistema portátil de comunicação alternativa, constante do APÊNDICE 7. Esses dados foram transformados em percentual e as respostas foram agrupadas nos temas: tamanho do dispositivo, teclas e teclado; uso diário; características de cor, peso e tamanho da faixa e facilidade de manuseio da faixa ou boné e movimentação da cabeça utilizando a faixa ou boné. Todos voluntários optaram pelo uso da faixa para realizar os testes.

A Figura 77 representa os resultado relativos ao tamanho do dispositivo, das teclas e do teclado. Observa-se que os voluntários 2, 3 e 4 aprovaram em 100% as características e apenas o voluntário 1 aprovou em 100% os tamanhos do dispositivo e das teclas e em 90% o tamanho do dispositivo.

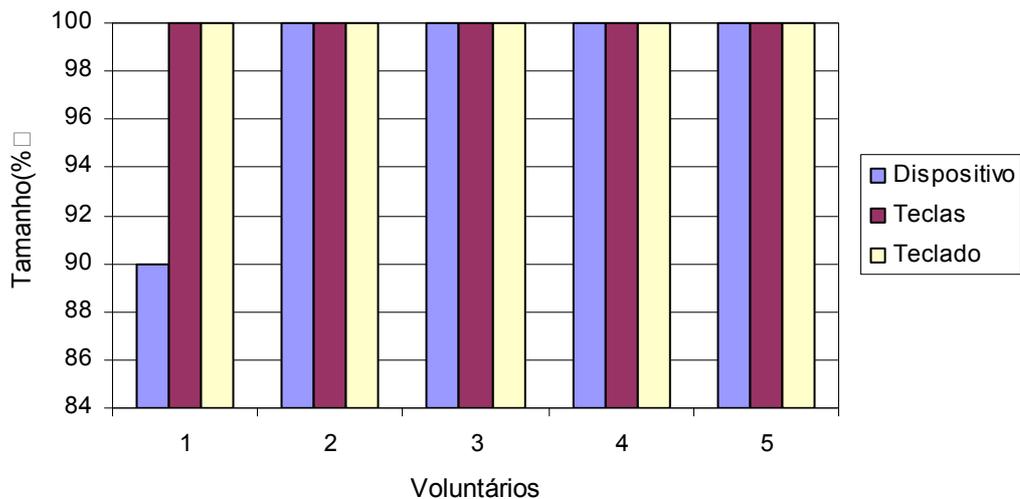


Figura 77 – Representação dos resultados relativos ao tamanho do dispositivo, teclas e teclado vs. voluntárias.

Os resultados referentes ao uso diário do Sistema Portátil de Comunicação Alternativa, indicam que todos os voluntários aprovaram em 100% essa característica, com exceção do voluntário 4 que aprovou em 89%. Esses resultados podem ser visualizados na Figura 78.

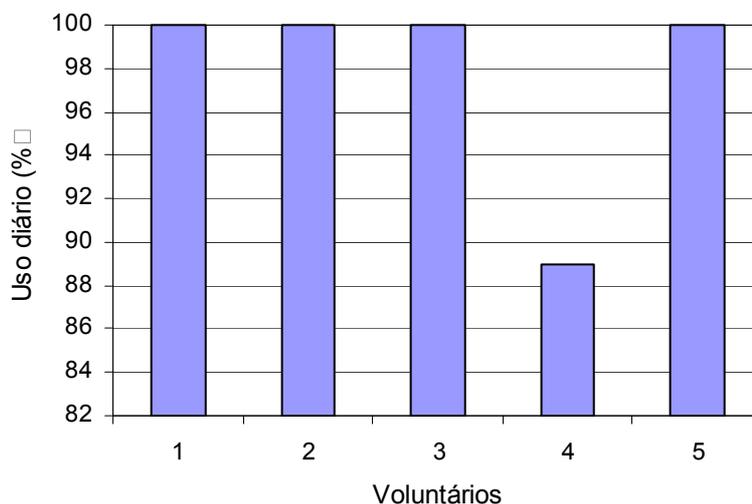


Figura 78 – Representação dos resultados relativos uso diário do sistema vs. voluntárias.

A Figura 79 apresenta os resultados dos testes de facilidades de manuseio da faixa e movimentação da cabeça usando a faixa. Observa-se na Figura 84 que a facilidade de manuseio da faixa e movimentar a cabeça usando a faixa resultaram numa aprovação de 100% pelos os voluntários 2, 3, 4 e 5. Já o voluntário 1 aprovou

em 90% a facilidade de manuseio da faixa e em 98% a facilidade de movimentar a cabeça usando a faixa.

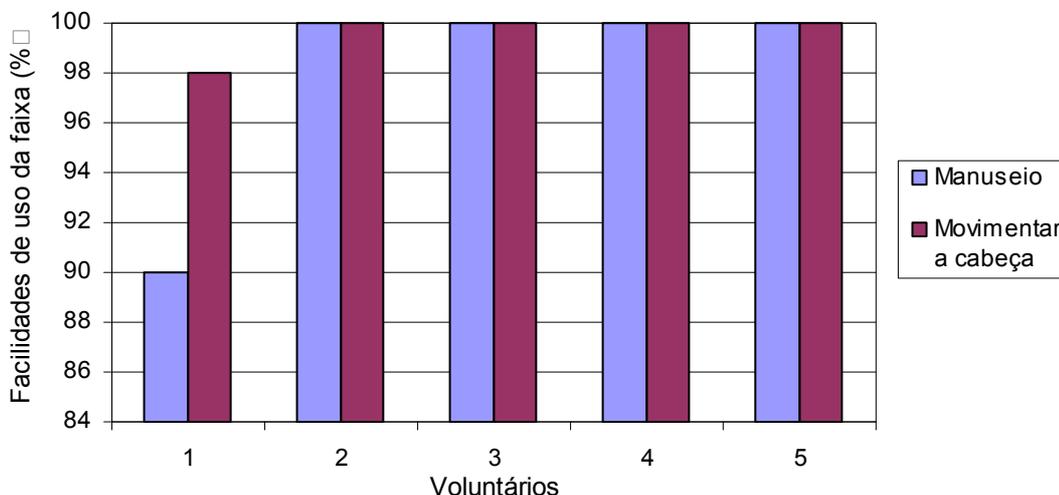


Figura 79 – Representação dos resultados relativos a facilidade de manuseio da faixa e movimentar a cabeça usando a faixa vs. voluntárias.

Na Figura 80 estão representados os resultados provenientes dos testes relativos às características da faixa em termos de cor, leveza e tamanho. Observa-se que apenas os voluntários 3 e 4 aprovaram em 90%, respectivamente as características de leveza e tamanho da faixa. As demais características foram aprovadas em 100% pelos voluntários.

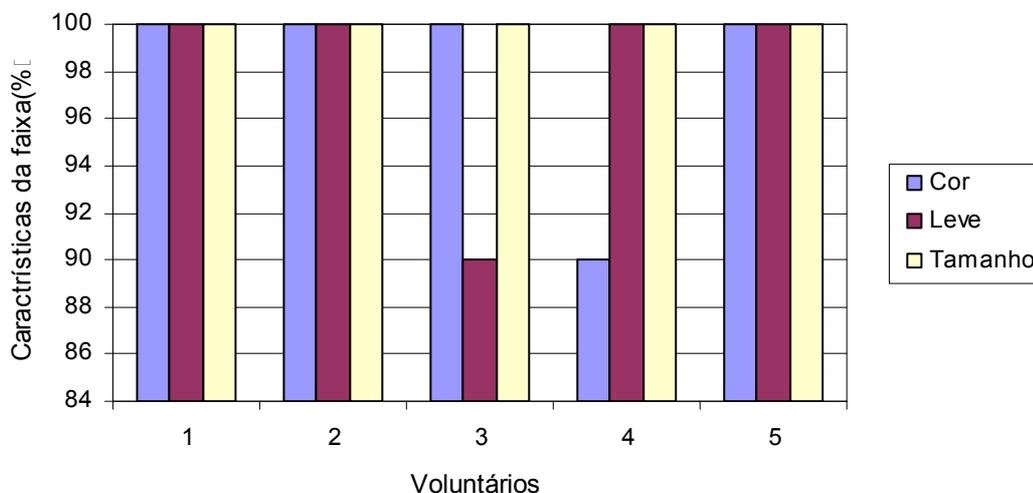


Figura 80 – Representação dos resultados relativos as características da faixa em termos de cor, leveza e tamanho vs. voluntárias.

2.2. Resultados da Avaliação do Índice de Dificuldade de Uso do Teclado Especial

Os resultados dos testes para determinação do índice de dificuldade do uso do teclado especial, foram realizados com o Protótipo 2 e o Teclado Especial. Para o Protótipo 2, a constante S recebeu valor 1,7 cm e D foi mantido em 10 cm. A partir desses valores, o tempo necessário para locomover o feixe de infravermelho e acionar a tecla foi de 267,43 ms.

Para o Teclado Especial, a constante S recebeu valor 2,5 cm e D foi mantido em 10 cm. A partir desses valores o tempo necessário para locomover o feixe de infravermelho e acionar a tecla foi de 217,01 ms.

Com esses dados, pode-se comprovar que aumentando-se o tamanho da tecla, o tempo para apontamento da mesma é reduzido. Isso se deve a facilidade de localização do alvo, no caso, o receptor de infravermelho.

CAPÍTULO 5

DISCUSSÃO

Este capítulo contempla as discussões relacionadas com: *design* do teclado, acionamento via sinal infravermelho, módulo emissor de sinal infravermelho, módulo receptor de sinal infravermelho e acionamento manual das teclas.

5.1 *Design* do Teclado

O *layout* do teclado especial contém características de um teclado convencional: teclas alfabéticas, numéricas e de funções. Entretanto, apresenta um diferencial que é a presença de teclas especiais de comunicação alternativa e de comando do *mouse*. Outros dispositivos apresentam apenas as teclas de um teclado convencional, ou teclas de comunicação alternativa (BUZING, 2003□

A união das teclas de comunicação alternativa às teclas do teclado convencional, é uma inovação que facilita o uso do dispositivo. Outra inovação é presença de teclas com os comandos do *mouse*, outros dispositivos necessitam do teclado e mouse para seu funcionamento, já o sistema necessita apenas do teclado (CLIK, 2008□

O uso do *mouse* integrado ao teclado facilita a seleção de *menus* de *softwares*. Essa facilidade proporcionou a diminuição do número de teclas do teclado.

Para compor as teclas, escolheu-se a cor branca para fundo das teclas e a cor preta para os caracteres das teclas; além de uma variação de tamanhos de teclas e caracteres (WEBSTER et al., 1985□ Essa escolha foi feita devido aos estudos realizados a respeito, que comprovam que o uso de tais características facilita a visualização das teclas e letras, em especial por portadores de paralisia cerebral com capacidade cognitiva preservada (WEBSTER et al., 1985 e CLIK, 2008□

Para adaptar o *layout* do teclado às necessidades físicas dos usuários, a metodologia de *design* foi aplicada. Atendendo o conceito de legibilidade, foram

utilizadas teclas de no mínimo 2,5 x 2,5 cm², assim as teclas podem ser reconhecidas e lidas rapidamente a uma distância de 45 cm (RICHAUDEAU E MENDIBELZÚA, 1976□

As teclas de comunicação alternativa possibilitam a escrita de uma palavra ou uma frase como, por exemplo, “Estou alegre”, através de acionamento de apenas uma tecla. Caso contrário o usuário teria que acionar 12 teclas para obter o mesmo resultado. Além das teclas de comunicação alternativa existem também teclas com letras acentuadas, o que facilita a escrita e colabora com a redução de fadiga muscular e tempo de digitação (MATIAS e NOHAMA, 2003□ Essas facilidades são encontradas em dispositivos que seguem a linha de pesquisa; entretanto, esses dispositivos não apresentam as duas características associadas ao mesmo produto.

O conteúdo das teclas do *layout* do teclado especial é baseado em um estudo de seqüências de letras, números e palavras utilizadas no cotidiano de portadores de paralisia cerebral com capacidade cognitiva preservada (COOK E HUSSEY, 2002, FERNANDES, 2005 e MASSI, 2001□

Foram avaliadas características de facilidade de localização de grupos de teclas; tamanho e cores do dispositivo, teclas, teclado e caracteres; uso de letras ampliadas; tipos de teclas e facilidade de compreensão do *layout*. Ele apresentou uma aceitação de 89,52% por parte das voluntárias que fizeram parte da pesquisa.

5.2 Acionamento Via Sinal Infravermelho

Existem várias técnicas de acesso à dispositivos de comunicação alternativa, dentre as quais, as de acesso ao teclado e *mouse* de computador. As mais sofisticadas para acionamento remoto, utilizam câmeras de vídeo, acionadores via *laser* e acionadores via sinal infravermelho (NORRIS e WILSON, 1997; TALMI e LIU, 1999; DIAS et al., 2004a; DIAS et al., 2004b e JORDAN et al., 2004a□

Dentre essas técnicas, o comando via sinal infravermelho surge como alternativa de baixo custo, resposta rápida e de qualidade e segurança do usuário. É uma técnica amplamente utilizada, inclusive no cotidiano dos indivíduos, em controles remotos, alarmes automotivos e residenciais, indústria bélica, equipamentos médicos (HECHT, 2002 e JORDAN et al., 2004a□ Todas essas qualidades técnica, em especial a segurança do usuário, levaram à escolha desse

tipo de comando de acionamento remoto para compor o dispositivo desenvolvido neste projeto.

Os testes de bancada indicam que os receptores do dispositivo podem ser facilmente acionados, até a uma distância de 40 cm e angulação de 0° até 15°, em qualquer direção, entre emissor e receptor. Outros dispositivos apresentam resultados semelhantes; entretanto, utilizam acionadores a *laser*, o que torna o dispositivo perigoso ao usuário (CHEN et al., 1997 e CHEN et al., 1999)□

5.3 Módulo Emissor de Sinal Infravermelho

Esse módulo apresenta inovações em seu circuito eletrônico, tornando-o compacto, essa facilidade colabora para facilitar o transporte do dispositivo. Além disso, a presença de um dispositivo óptico, auxilia na seleção dos receptores de sinal infravermelho.

5.3.1 Circuito Eletrônico

O circuito eletrônico do módulo emissor é compacto, o que facilita a fixação do módulo em um suporte tipo boné ou faixa para o acionamento remoto das teclas via movimento da cabeça. Outros equipamentos seguem a mesma linha de pesquisa; entretanto, o dispositivo adaptado à testa do usuário geralmente apresenta alimentação eletrônica proveniente de um módulo externo (CHEN et al., 1997)□ Portanto, faz-se necessária a utilização de cabo de alimentação que, por sua vez, pode se tornar perigoso ao usuário ocasionando acidente.

5.3.2 Dispositivo Óptico

O módulo receptor de sinal infravermelho apresenta uma inovação em relação aos outros dispositivos que utilizam a tecnologia do sinal infravermelho para acionamento remoto. Trata-se da utilização de uma lente convergente de 10° em conjunto com um filtro em acrílico que auxilia na seleção do receptor desejado. Esta lente contribui delimitando o feixe de sinal infravermelho emitido pelo LED infravermelho contido no circuito eletrônico do emissor, o que, por consequência,

auxilia na formação das zonas mortas entre os receptores de sinal infravermelho. Outros dispositivos utilizam filtros nos receptores ou a tecnologia *laser* para conseguir o mesmo resultado (JORDAN et al., 2004a; CHEN et al., 1997). Essas tecnologias são de custo elevado e o circuito eletrônico mais complexo.

5. Módulo Receptor de Sinal Infravermelho

O módulo receptor de sinal infravermelho apresenta inovações que facilitam o acionamento remoto do sistema. São elas: o tipo de sinalização utilizada para indicação de teclas acionada e a presença de zonas morta de atuação. As teclas são facilmente localizadas graças aos LEDs de sinalização. Existem dispositivos semelhantes que utilizam outras técnicas para sinalizar teclas como, por exemplo o laser, que, no caso, torna o custo do dispositivo mais elevado além de requer uma atenção em termos proteção individual para evitar acidentes com o usuário (WEBSTER, 1998 e CHEN et al., 1997).

5.5 Acionamento Manual

Além do acionamento remoto via movimento da cabeça, o acionamento do teclado também pode ser manual de forma simultânea. Portanto, o usuário pode ser auxiliado por outra pessoa no uso do dispositivo, ou ele próprio, caso tenha possibilidades, pode fazer uso das teclas mecânicas. Essa é uma inovação apresentada, pois os projetos de pesquisas e os produtos comercializados, ou possuem apenas acionamento remoto ou apenas acionamento manual (CHEN et al., 1997; COOH e HUSSEY, 2002; LOW e BEUKELMAN, 1989; WEBSTER, 1998).

Outra inovação no sistema, consiste na presença de sinalização de tecla selecionada. Isso ocorre através do acionamento do mesmo LED de sinalização utilizado no acionamento remoto.

5.6 Resultados dos Testes com Voluntários Utilizando o Sistema

Os resultados obtidos com os testes com voluntários indicam que após um treinamento de apenas 10 min, o tempo médio de seleção de receptores foi reduzido

em 10,3%. Esse resultado pode ser melhorado com a ampliação do tempo de habituação do usuário com o dispositivo (JORDAN et al., 2004a).

O uso das teclas de comunicação alternativa reduzem o tempo de seleção de palavras e frases. Para a palavra “Obrigado” o tempo de seleção utilizando-se a sua respectiva tecla de comunicação alternativa, foi reduzido em 83,94%.

O uso da faixa foi aprovado em termos de cor e leveza em 98%, já para tamanho a aprovação foi de 100%.

Na avaliação da facilidade de uso e transporte do dispositivo, utilizou-se dados relativos aos tamanhos do dispositivo, teclas e teclado. Verificou-se que a aprovação para o uso diário do dispositivo foi de 98%.

CAPÍTULO 6

CONCLUSÕES

O projeto Sistema Portátil de Comunicação Alternativa visa auxiliar a comunicação de portadores de paralisia cerebral com capacidade cognitiva preservada. Para tanto, um teclado especial ativado pelo movimento da cabeça foi desenvolvido.

Um método físico foi criado para o acionamento do teclado envolvendo a utilização de sensores ópticos, no caso, emissor e receptores de sinal infravermelho.

Nos resultados obtidos com os testes de acionamento de receptores, pôde-se observar que todos os voluntários apresentaram melhor desempenho nos testes de sequências de teclas, devido à facilidade de seleção das teclas próximas umas das outras.

Observou-se que o tempo de seleção de receptor foi, em média, de 5 s dentre os quais 2 s correspondem à sinalização de seleção, apresentando um tempo de resposta curto. Os resultados obtidos com os testes práticos com os 5 voluntários, em um período de 1 dia, indicam que após um treinamento de 10 min, o tempo médio de seleção de receptores foi reduzido em 10,3%. Ampliando-se o tempo de treinamento, esse resultado pode ser melhorado.

O uso simultâneo do acionamento remoto, do acionamento manual e das teclas de comunicação alternativa, contribuirá para redução do tempo de seleção. O tempo de seleção da palavra "Obrigado" foi reduzido em 83,94% com a utilização de apenas uma tecla de comunicação alternativa contendo a palavra. Esse tempo depende diretamente das capacidades físicas e cognitivas do usuário.

Todos os voluntários apresentaram melhor desempenho na terceira etapa de testes devido ao treinamento realizado durante a segunda etapa.

Analisando-se esses resultados, pode-se concluir que o tempo médio para seleção de 1 caractere é de 7 s, dentre os quais, 2 s são os de sinalização de seleção, o que representa um tempo curto de resposta.

O dispositivo permite acionamento manual e remoto independentes, qualidade de resposta e facilidade de uso e transporte. Além do acionamento de teclas alfabéticas, numéricas, letras acentuadas e de comunicação alternativa; o

dispositivo possibilita acessar os comandos do *mouse* via teclado, o que é uma inovação que facilita a seleção de menus de *softwares*.

Os *firmwares* necessários para o funcionamento do sistema foram completamente desenvolvidos e testados. Para o projeto, foram desenvolvidos 3 *firmwares*, dos quais o primeiro para gerar o trem de pulsos necessário para acionar o LED emissor de sinal infravermelho, contido no módulo emissor. O segundo para gerar o sinal necessário para o acionamento das teclas mecânicas e o último para reconhecer o sinal infravermelho recebido pelos 93 receptores de sinal infravermelho, além de fazer a interface do teclado com o restante do sistema e o gerenciamento das teclas de acionamento remoto e manual .

O *design* apresenta características especiais que auxiliam os portadores de paralisia cerebral com capacidade cognitiva preservada, pois além das teclas comuns de um computador convencional, apresenta teclas especiais de comunicação alternativa.

As teclas de comunicação alternativa possuem símbolos pictográficos adaptados à realidade brasileira, o que facilita o uso do dispositivo. O conteúdo dessas teclas, bem como os tamanhos e cores das teclas, caracteres e símbolos foram escolhidos com o objetivo de facilitar a visualização e digitação de teclas; foram baseados no cotidiano de portadores de paralisia cerebral, e escolhidos a partir do estudo teórico e resultados do estudo de campo realizado.

Todas essas características que visaram tornar o *layout* acessível ao usuário, em especial o uso de cores para orientação espacial do centro do teclado e de teclas colaboraram também para torná-lo inovador.

O sistema foi projetado para atender as necessidades dos usuários em termos ergonômicos, levando-se em consideração a acessibilidade e usabilidade do dispositivo como um todo.

A partir dos resultados obtidos, pode-se afirmar que o dispositivo pode ser utilizado como potencial ferramenta de comunicação alternativa para portadores de paralisia cerebral com capacidade cognitiva preservada. Além disso, devido à facilidade de uso e por ser um dispositivo atraente, pode servir de ferramenta de estímulo à alfabetização de crianças na fase de alfabetização.

Futuramente, novos dispositivos de comunicação alternativa podem ser desenvolvidos utilizando-se os métodos de acionamento apresentados neste projeto. O módulo emissor e o módulo receptor pode ser repensado em termos de *design*

para torná-lo mais lúdico, atrativo ao usuário e ergonômico. Com o rápido desenvolvimento de componentes eletrônicos novas propostas para o acionamento remoto e manual podem ser criadas, bem como a adaptação do teclado especial com o restante do sistema. Estudos ergonômicos podem ser realizados tanto para o módulo emissor quanto para o módulo receptor. O sistema pode ser adaptado para ser utilizado em cadeira de rodas. O *layout* especial pode ser adaptado a outros teclados, inclusive virtuais.

REFERÊNCIAS

ADVANTECH. **Products**. Disponível em: <<http://www.advantech.com>>. Acesso em: 06 ago. 2008.

ANDREO, Marcelo; MARTINS, Suzana Barreto; NOHAMA, Percy; JORDAN, Monica; MATIAS, Denis. Comunicação Pictográfica para Software Educativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA EM DESIGN, P&D Design,7, 2006. Curitiba, **Anais...**Curitiba, 2006. 1 CD-ROM

AMENTO, B.; et al. **Fitt's Law**. Disponível em: <<http://www.ei.cs.vt.edu>>. Acesso em: 05 nov. 2008.

BATSHAW, MARK L. **A Criança com Deficiência**. Editora Santos Maltese, p151-337, 1990.

BOONE, D. R.; PLANTE, E. **Comunicação Humana e seus Distúrbios**. 2. ed. Porto Alegre: Artes Médicas, p. 284-285, 1994.

BOYLESTAD, R.; NASHELSKY, L. **Dispositivos Eletrônicos e Teoria de Circuitos**. 5 ed. São Paulo: Editora Prentice-Hall do Brasil, p. 767-780, 1994.

BUZING, P. **Comparing Different Keyboard Layouts: Aspects of QWERTY, DVORAK and alphabetical keyboards**. Disponível em: <<http://www.st.ewi.tudelft.nl/~buzing/Articles/keyboards.pdf>>. Acesso em: 10 dez. 2008.

CHEN Y., et al. An Application of Infrared Technique to Control a Computer Keyboard for Handicap. **IEEE**, 1997.

CHEN Y., et al. Communication Aid System for Users with Physical Impairments. **International Journal Computers & Mathematics with applications**. Elsevier, v. 43, n. 6, p. 901-910, 1999.

CHEN, Y., et al. Communication Without Speech: Practical Augmentative and Alternative Communication. **IEEE Electronics**, p. 143-148, 2001.

CLIK. **Products**. Disponível em: <<http://www.clik.com.br>>. Acesso em: 10 dez. 2008.

COCKERILL, L.; CARROLL-FEW. **Communication Without Speech: Practical Augmentative and Alternative Communication**. MacKeith Press. 2001.

COCKERILL, L. Supporting Communication in the Child With a Learning Disability. **Current Pediatrics**. v. 12, p72-76, 2002.

COOK, Albert M.; POLGAR, Jan M. **Cook and Hussey's Assistive Technologies: Principles and Practice**. 2. ed. Mosby, Inc. 2002.

COSTA, L. Inclusão Digital: Espaço Possível para Pessoas com Necessidades Educacionais Especiais. **Revista do Centro de Educação**, n. 20, 2002.

DIAS, N.; et al. Controle do Cursor do Mouse pelo Movimento da Cabeça Usando Câmera CCD e Processamento de Imagem. In: III Latin American Congress on Biomedical Engineering, 2004, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: IFMBE Proceedings, v. 5, p. 441-444, 2004.

DIAS, N.; et al. Mouse Controlado pelo Rastreamento do Movimento dos Olhos. In: III Congresso Latino-Americano de Engenharia Biomédica, 2004, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: IFMBE Proceedings, v. 5, p. 473-476, 2004.

DYNAVOX. **Products**. Disponível em: <<http://www.synavox.com>>. Acesso em: 04 set. 2008.

FERNANDES, Anelise S. **Comunicação Alternativa**. Disponível em: <<http://www.clik.com.br>>. Acesso em 09 nov. 2008.

FISCHINGER, B. S. **Consideração sobre a Paralisia Cerebral**. Panamed Editorial, p. 13-22, 1984.

GARAY, N.; ABASCAL, J.; GARDEAZABAL, L. Mediación Emocional Em Sistemas de Comunicación Aumentativa y Alternativa. **Revista Iberoamericana de Inteligência Artificial**, n. 16, p. 65-7, 2002.

GIANNI, M. A. **Terapia Ocupacional na Reabilitação Física**. Editora Roca Ltda., 2003.

HECHT, E. **Óptica**. Editora da Fundação Calouste Gulbenkian, p. 104-105, 2002.

HENZEN, Alexandre Felippetto. **Acessibilidade ao computador para portadores de paralisia cerebral**. Curitiba: [s.n.], 2003. 102 p. Dissertação (Mestrado) - CEFET. Curso de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial. Curitiba, 2003.

IEI. **Products**. Disponível em: <<http://www.ieiworld.com>>. Acesso em: 03 mar. 2008.

INFERENCE. Projects. Disponível em: <<http://www.inference.phy.cam.ac.uk/is>>. Acesso em: 04 set. 2008.

INTELLITOOLS. **Products**. Disponível em: <<http://www.intellitools.com>>. Acesso em: 04 set. 2008.

JORDAN, M.; et al. Mouse Infravermelho Controlado Pelos movimentos da Cabeça – Uma Nova Solução. In: III Congresso Latino-Americano de Engenharia Biomédica, 5., 2004, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: IFMBE Proceedings, p. 493-496, 2004.

JORDAN, M; MATIAS, D. H.; NOHAMA, P. Prancha Pictográfica para Comunicação Alternativa com o Auxílio do Computador. In: III Congresso Latino-Americano de Engenharia Biomédica, 5., 2004, João Pessoa. **Anais...** João Pessoa: IFMBE Proceedings, v. 5, p. 497-500, 2004.

KING. T. **Assistive Technology Essential Human Factors**. Allyn e Bacon, p 140-155, 1999.

LEDESMA, J.; DEL TORO, A. **Una Nueva Tecnología en Comunicación Aumentativa**. El Portavoz, 2004. Disponível em: <<http://www.terapia-ocupacional.com>>. Acesso em: 12 mai. 2008.

LOW, D.; BEUKELMAN, D. Software Review The Use of Microcomputer Technology Whith Persons Unable to Speak: Na Overview. **Computers in human Behavior**, v.4, p. 335-366, 1989.

MALVINO, Albert Paul. **Eletronica**. 4. ed. São Paulo: Makron Books do Brasil, 1997. 2v.

MARTINS, Suzana Barreto; ANDREO, Marcelo. Sistema de Estudos para Inclusão Escolar de Crianças com Paralisa Cerebral. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA EM DESIGN, P&D Design,7, 2006. Curitiba, **Anais...**Curitiba, 2006. I CD-ROM

MASSI, G. **Linguagem e Paralisia Cerebral: Um Estudo de Caso do desenvolvimento da Narrativa**. Editora Maio, p. 7-22, 2001.

MATIAS, D. H.; NOHAMA, P. . Teclado Virtual Alfanumérico com Predição de Palavras. In: II Seminário e I Oficinas ATIID, 2003, São Paulo. **Anais...** São Paulo:ATIID 2003, v. 1. p. 1-4, 2003.

MAYER-JOHNSTON. **Products**. Disponível em:<<http://www.mayer-johston.com>>. Acesso em 04 set. 2008.

MICROCHIP. Disponível em:<<http://www.microchip.com>>. Acesso em 02 jan. 2008.

NOHAMA, P.; PICHORIM, S. F. Mouse de Sopro para Tetraplégicos. In: XVIII Congresso Brasileiro de Engenharia Biomédica, 2002, São José dos Campos. **Anais...** São José dos Campos: JAC Gráfica e Editora, v. 3, p. 126-131, 2002.

NORRIS, E. ; WILSON. The Eye Mouse, na Eye Communication Device. **IEEE**, 0-7803-3848-0/97, 1997.

NORTON, P. **Introdução a Informática**. Mkron Books, 1997.

NORTON, P. **Desvendando o PC**. 6. ed. Editora Campus, p. 1-171, 1996.

NSCIA. Disponível em:<www.spinalcord.org>. Acesso em: 03 nov. 2008.

NUNES, L.; MAGALHÃES, A.; MADEIRA, A. Sistemas Pictográficos de Comunicação Alternativa para Portadores de Paralisia Cerebral. In: Congresso da Rede Iberoamericana de Informática Educativa, 2004, Brasília. **Anais eletrônicos...** Brasília, 2004. Disponível em: <>. Acesso em: 25 set. 2008.

QT OPTOELETRONICS. **Products.** Disponível em: <<http://www.fairchildsemi.com/products/opto>>. Acesso em: 3 set. 2008.

PELOSI, Miryam B. **Comunicação Alternativa – uma necessidade de educação para todos.** Disponível em: <<http://www.comunicacaoalternativa.com.br>>. Acesso em: 12 jun. 2008.

PELOSI, Miryam B. **A Comunicação Alternativa nas escolas do Rio de Janeiro: formação de professores e caracterização dos alunos com necessidades especiais.** Dissertação (Mestrado) - Universidade do Estado do Rio de Janeiro. Programa de Pós-Graduação em Educação. Rio de Janeiro, 2000. Disponível em: <<http://www.comunicacaoalternativa.com.br>>. Acesso em: 12 jun. 2008.

PENDERGRASS, M.; VESTAL, J. C. Making the Most of Augmentative Communication Devices. **CEU-Communication**, 2002, TCM44-49, 2002.

PEREZ, C.A.; et al. Face and Eye Tracking Algorithm Based on Digital Image Processing. **IEEE**, v. 2/01, p. 7803-7887, 2001.

SANCLEMENTE, Miguel P.; et al. **A fonoaudiologia na paralisia cerebral: diagnóstico e tratamento.** São Paulo: Santos, 2001.

ROSCH, W.L. **Desvendando o Hardware do PC.** 2. ed., p. 329-344, 1993.

RICHAUDEAU, F.; MENDIBELZÚA, J. **Los secretos de la comunicación eficaz.** Bilbao: Mensajero, 1976.

SHARP. **Products.** Disponível em: <<http://www.sharpsma.com/wheretobuy.php>>. Acesso em: 5 ago. 2008.

SHIRMER, C. R.; BROWNING, N.; BERSCH, R. **Atendimento Educacional Especializado – Deficiência Física.** SEESP / SEED / MEC, Brasília/DF, 2007.

SICORDE. **Estudos Censitários.** Disponível em: <http://www.mj.gov.br/sedh/ct/corde/dpdh/sicorde/estudos_cens1.asp#conteudo>. Acesso em: 12 mai. 2008.

SILVEIRA, M. S. Comunicação Alternativa e Informática: utilização de recursos de inteligência artificial e multimídia, 2001. Disponível em: <http://enlaces.c5.cl/Congreso/HTML/paper2.htm>. Acesso em: 3 dez. 2008.

SOUZA, Angela M. C. de; FERRARETTO, Ivan. **Paralisia cerebral: aspectos práticos.** 2. ed. São Paulo: Memnon, 2001.

TALMI, K.; LIU, J. Eye and Gaze Tracking for Visually Controlled Interactive Stereoscopy Displays. In: **Signal Processing: Image Communication**, v. 14, p. 799-810, 1999.

VALENTE, J. A. **A Capacidade da Criança com Paralisia Cerebral Resolver o Teste de Sérição.** 2005. Disponível em: <<http://www.nied.unicamp.br/publicações/memos/MEM006.pdf>>. Acesso em: 12 set. 2008.

WATANABE, W.; PEREIRA, A S.; BISSACO, S. Software para Reabilitação Profissional de Pessoas Portadoras de Tetraplegia: Caixa Expresso. Disponível em: <www.sbis.org.br/cbis9/arquivos/304.doc>. Acesso em: 3 dez. 2008.

WEBSTER, J.G. **Medical Instrumentation: Application and Design.** Editora Houghton Mifflin, Co, 1998.

WEBSTER, J. G., et al., **Eletronic Devices for Rehabilitation.** New York: John Wiley & Sons, 1985.

WERNER, J.; HELT, S. Augmentative and Alternative Communication – A Tool to Empowerment. **IPAT News**, Iowa Program for Assistive Technology, Iowa, v. 17(2) 2003.

WHITE, K.; MASSELLO, J. Implementing Computer-mediated Communication Technologies: A Technoacceptance Approach to Critical Mass Utilization. **Information & Management**, v. 13 , p. 197-208, 1987.

WORDS-PLUS. **Products.** Disponível em: <<http://www.wordplus.com>>. Acesso em: 05 set. 2008.

ZYGO. **Products.** Disponível em: <<http://www.zygo-usa.com>>. Acesso em: 10 jan. 2008.

APÊNDICE 1 – Placas de Circuito Impresso

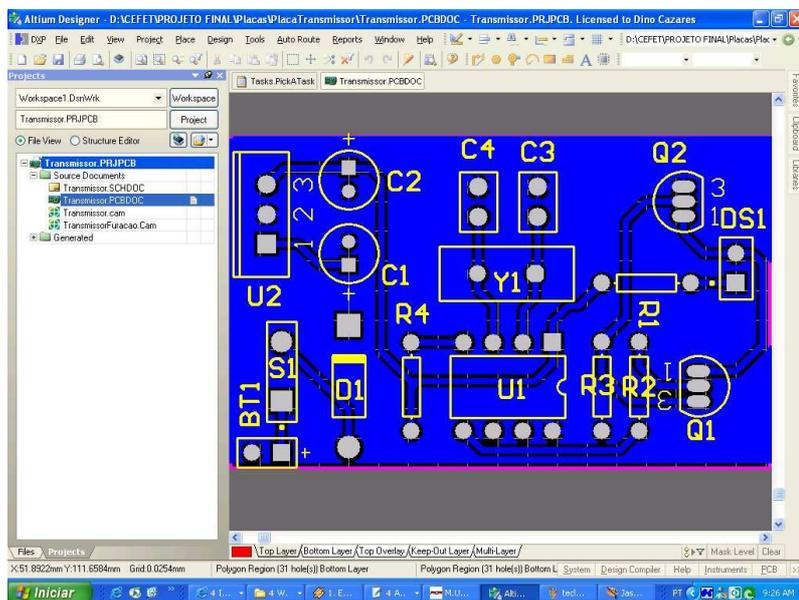


Figura 81 - Placa de circuito impresso do módulo emissor desenvolvida no Protel.

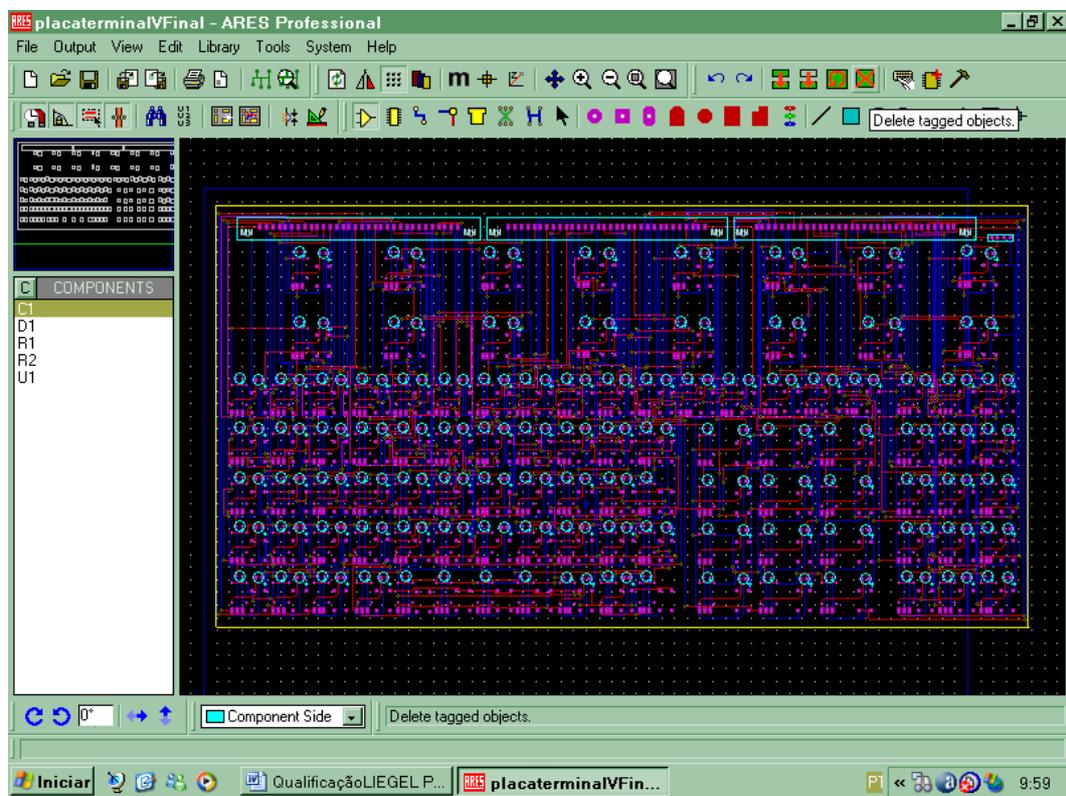


Figura 82 - Placa de circuito impresso do módulo receptor desenvolvida no Proteus.

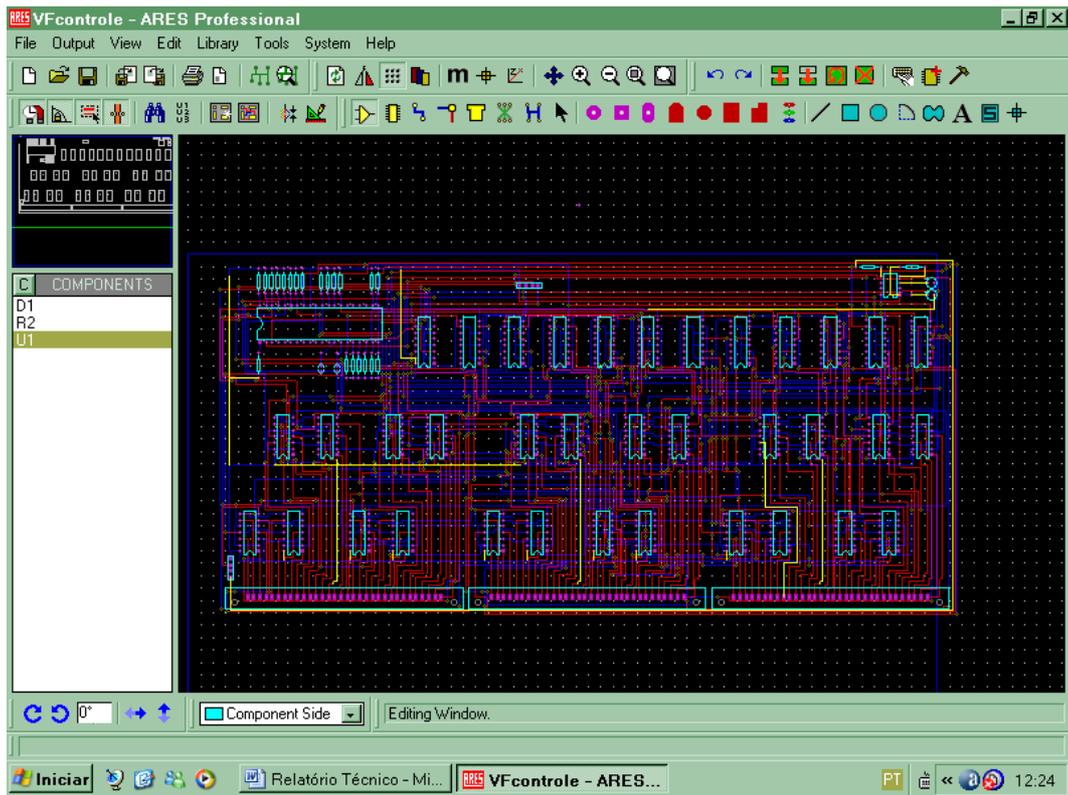


Figura 83 - Placa de circuito impresso da placa controladora desenvolvida no Proteus.

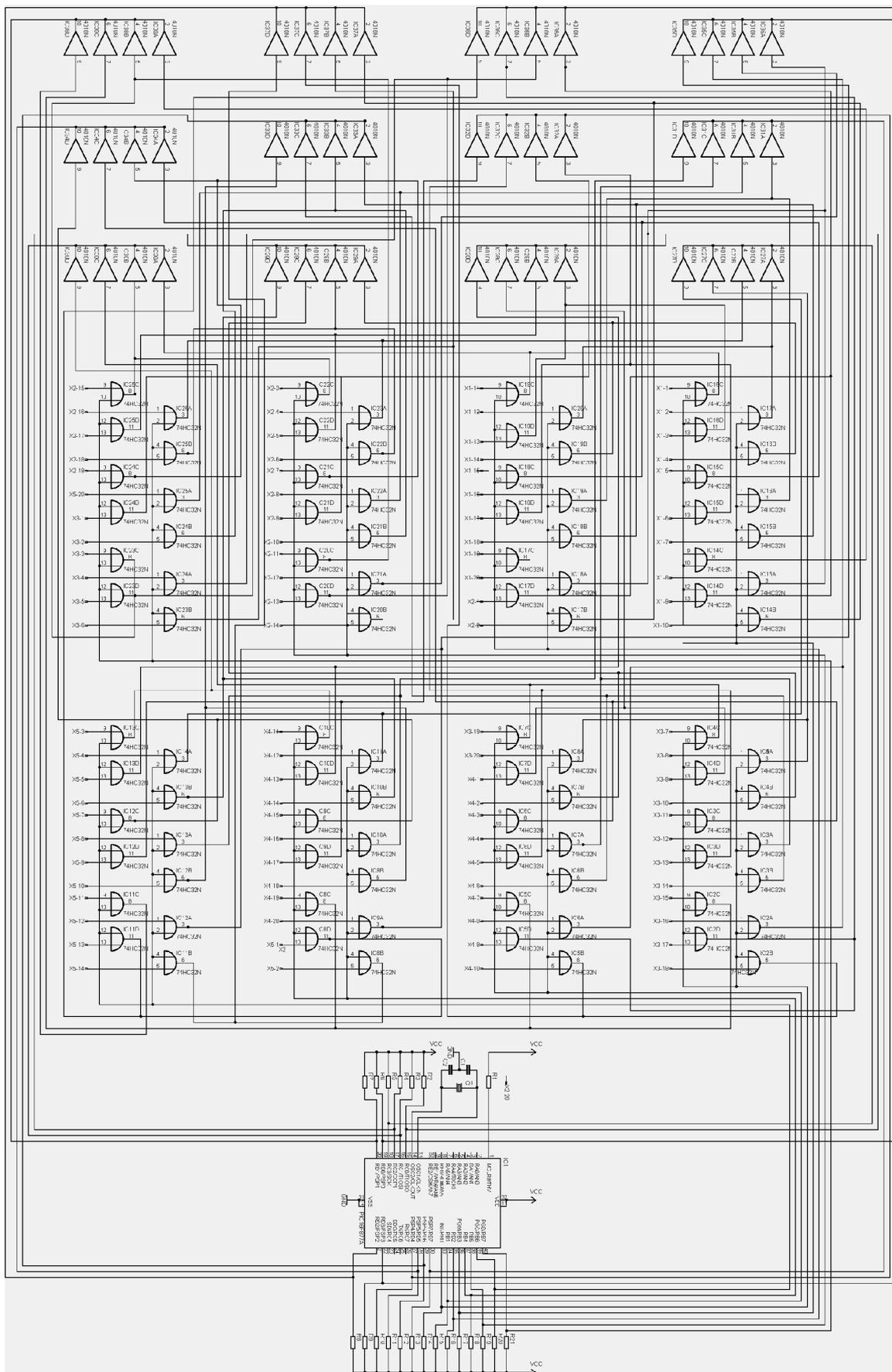


Figura 84 – Esquema Eletrônico da Placa Controladora

ESC	TAB	CAPS LOCK	WWW	E-MAIL	OUVIR MÚSICA	CANCELAR	REINICIAR	DESLIGAR							
A	B	C	D	E	F	G	Á	À	Ã	Â	+ 1	=	INÍCIO	FIM	LIMPAR
H	I	J	K	L	M	N	É	Ê	Ë	Ì	2 3	3	INS	↑	
O	P	Q	R	S	T	U	Ó	Ô	Õ	@	4 5	6	←	↓	→
V	W	X	Y	Z	·	´	Ú	Û	Ç	\$	7 8	9	DEL	ENTER	
?	!						<	>			* 0	/			
PESSOAS 1	1 EU 2 MEU NOME 3 ÁGUA	1 VOCE 2 SEU NOME 3 LANCHE	1 ELE 2 SIM 3 CASA	1 ELA 2 NÃO 3 ESCOLA	VERBOS 4	ADJETIVOS 5	DIVERSOS 6	4 PASSADO 5 ALEGRE 6 MEU	4 PRESENTE 5 TRISTE 6 MINHA	4 FUTURO 5 BOM 6 TEU	4 SER 5 RUIM 6 TUA	4 BEBER 5 TARDE 6 QUEM			
EXPRESSÕES SOCIAIS 2	1 NÓS 2 BOM DIA 3 BANHEIRO	1 VOCÊS 2 BOA TARDE 3 PARQUE	1 ELES 2 BOA NOITE 3 BRINQUEDO	1 ELAS 2 OBRIGADO 3 LIVRO											
SUBSTANTIVOS 3															

Figura 85 – Layout teste 1 do teclado especial.

OI 	SIM 	ESTOU COM FOME 	ELE 	MEU NOME É 	EU 	FAMÍLIA 	PRECISO DE AJUDA 									
TCHAU 	NÃO 	ESTOU COM SEDE 	ELA 	VOCÊS 	PROFESSORA 	POR FAVOR 	OBRIGADO 									
Á	Ã	À	É	Ê	Ë	Í	Ó	Ô	Ú	Ü	\$	*	/	+	=	
A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	RETROCEDER	CTRL	PG CIMA	INÍCIO	1	2	3
K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	SHIFT	PG BAIXO	FIM	4	5	6	
U	V	X	W	Y	Z	Ç	@	?	;	ALT	↑	CAIXA ALTA	7	8	9	
.	,	:	ESPAÇO					APAGAR	←	↓	→	.	0	ENTER		

Figura 86 – Layout teste 2 do teclado especial.

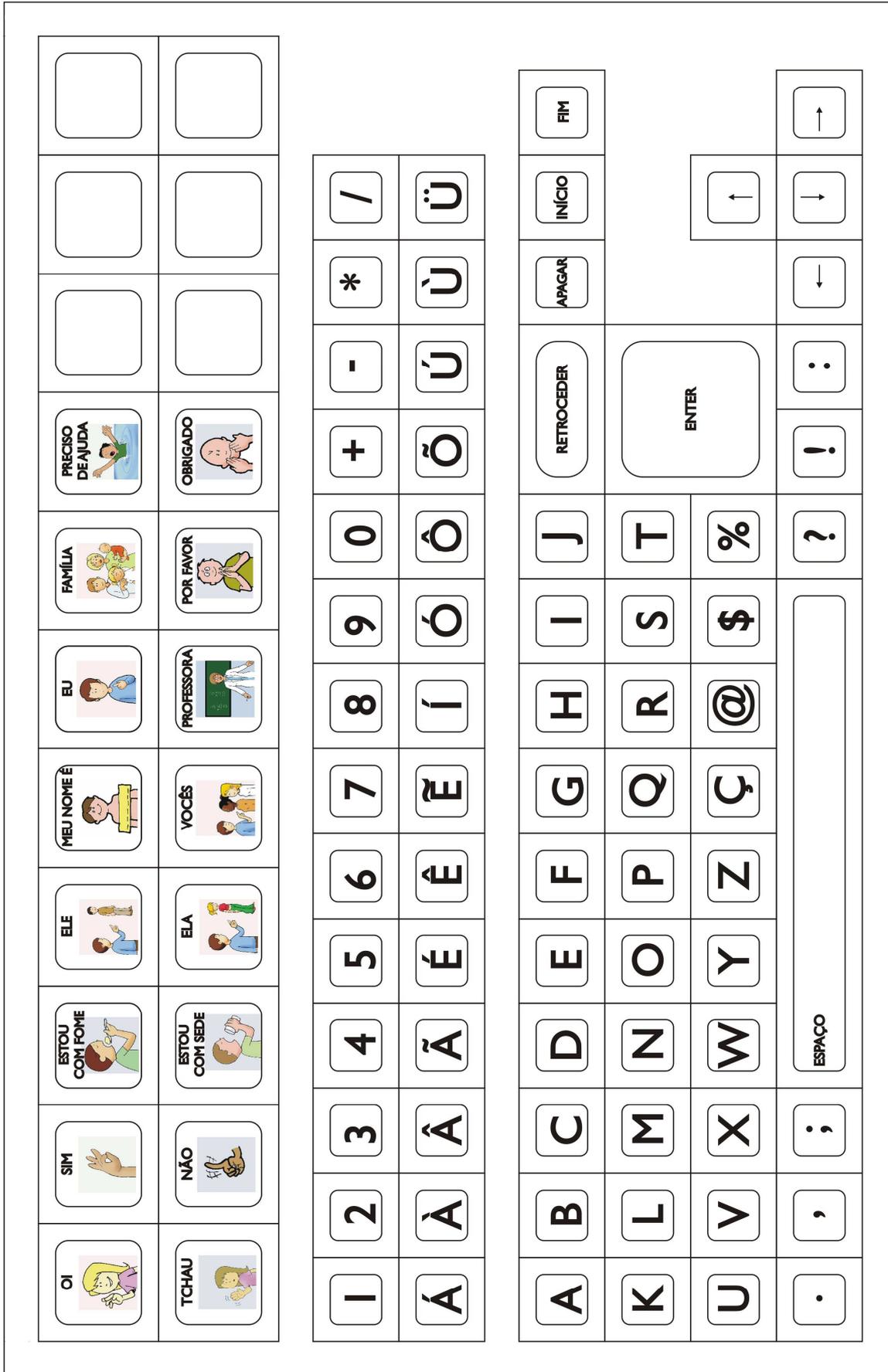


Figura 87 – Layout teste 3 do teclado especial.

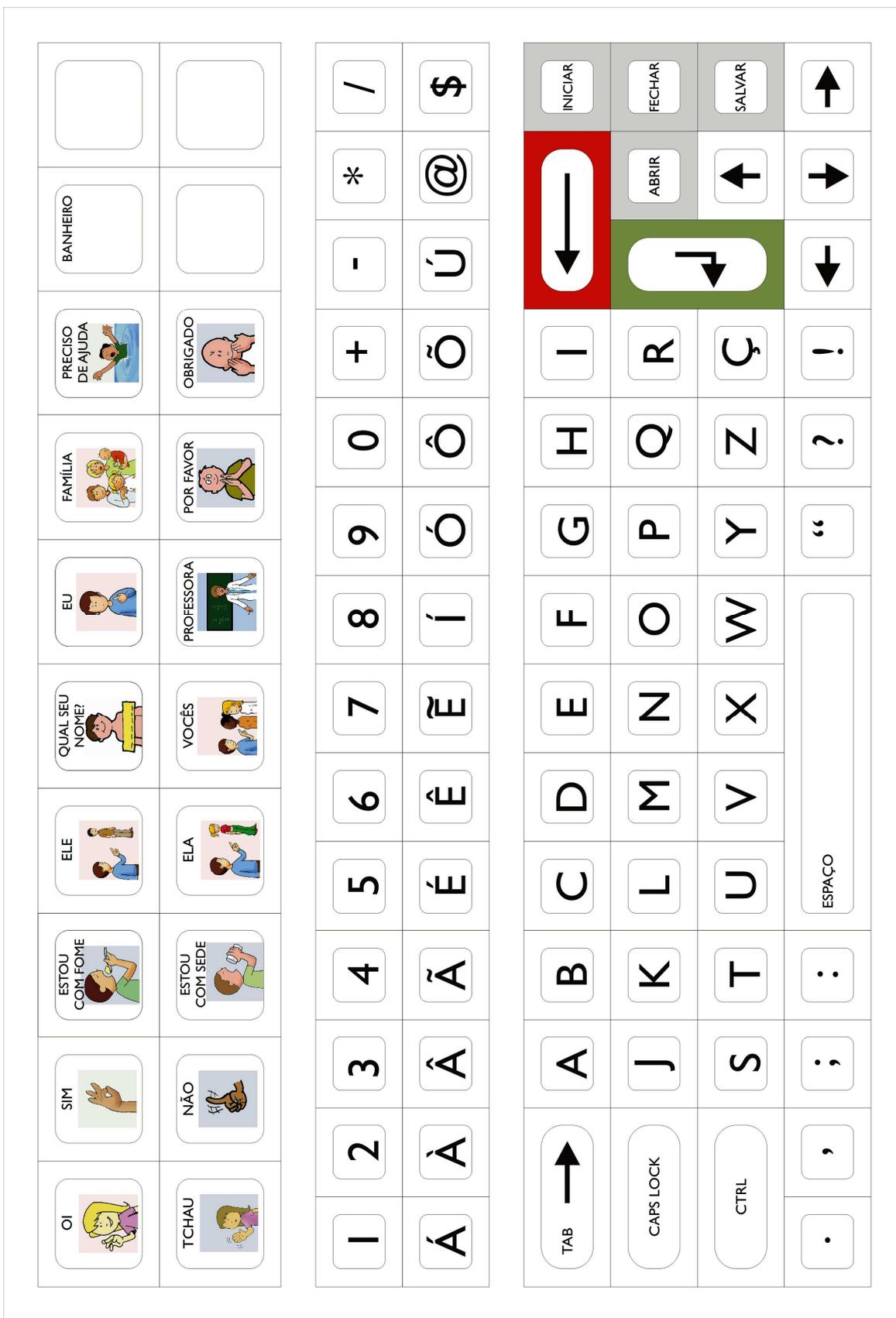


Figura 88 – Layout teste 4 do teclado especial.



Figura 90 – Layout teste 6 do teclado especial.

APÊNDICE 2 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – Protocolo 1

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DE SAÚDE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM SAÚDE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Visando disponibilizar uma nova ferramenta de comunicação alternativa o equipamento “Sistema Portátil de Comunicação Alternativa”, está sendo desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde, vinculado a Pontifícia Universidade Católica do Paraná. Como o equipamento é destinado a usuários portadores de paralisia cerebral com capacidade cognitiva preservada, necessito realizar uma coleta de dados para avaliar o *layout* do teclado especial que faz parte do sistema proposto. Sendo assim, venho por meio deste convidá-lo a participar desta pesquisa.

Lembro que

1. não existe nenhum tipo de risco, desconforto ou exposição sua;
2. mesmo aceitando participar, poderá abandonar a pesquisa a qualquer momento, sem necessidade de justificativa;
3. a coleta de dados será realizada mediante o preenchimento de um questionário elaborado pela pesquisadora;
4. apenas os dados obtidos na pesquisa poderão ser publicados, ficando a privacidade do senhor(a) preservada, ou seja, seu nome ou qualquer outro dado confidencial será mantido em sigilo;
5. os dados obtidos ficarão sob a propriedade e guarda da pesquisadora;

6. o senhor(a), os pesquisadores e a instituição onde será realizada a coleta de dados não receberão nem pagarão valor econômico pela participação na pesquisa;
7. em caso de dúvidas ou questionamentos, entrar em contato com a pesquisadora Luciane Aparecida Liegel, pelos telefones (41) 8812-3018 (41) 3263-1451.

Eu, _____, RG. _____
li, portanto, este termo, fui orientado(a) quanto ao teor da pesquisa acima mencionada e compreendi a natureza e o objetivo do estudo do qual fui convidado a participar. Concordo voluntariamente em participar da pesquisa.

Curitiba, ____ de _____ de 200_.

Assinatura Professor
Escola de Educação Especial Vivian Marçal

Assinatura Pesquisadora
Pontifícia Universidade Católica do Paraná

APÊNDICE 3 – Questionário 1

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DE SAÚDE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM SAÚDE

QUESTIONÁRIO 1 SOBRE O LAYOUT DE TECLADO PARA COMUNICAÇÃO ALTERNATIVA

Data: __/__/__

Venho por meio deste solicitar sua opinião sobre o *layout* de teclado para comunicação alternativa proposto.

1. O tamanho das teclas é apropriado? () Sim () Não

2. O tamanho do teclado é apropriado? () Sim () Não

3. É fácil localizar os grupos de teclas? () Sim () Não

4. A separação por grupos de teclas facilita a localização das teclas?

() Sim () Não

5. As teclas alfabéticas podem ser bem visualizadas? () Sim () Não

6. As teclas numéricas podem ser bem visualizadas? () Sim () Não

7. As teclas de comunicação alternativa podem ser bem visualizadas?

() Sim () Não

8. O *layout* de teclado para comunicação alternativa pode ser aprovado para ser usado diariamente por voluntários na instituição?

() Sim () Não

9. Quais são as melhorias que podem ser feitas?

NOME DO PROFESSOR _____

Turma/ Turno _____

Assinatura Voluntário
Escola de Educação Especial Vivian Marçal

APÊNDICE 4 – QUESTIONÁRIO 2

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DE SAÚDE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM SAÚDE

QUESTIONÁRIO 2 SOBRE O LAYOUT DE TECLADO PARA COMUNICAÇÃO ALTERNATIVA

Data / /

Venho por meio deste solicitar sua opinião sobre o *layout* de teclado para comunicação alternativa proposto. Favor marcar o número correspondente ao grau que você mais concorda

01. Os grupos de teclas são de fácil localização?

DIFÍCIL											FÁCIL
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

02. A separação por grupos de teclas facilita a localização das teclas?

DIFÍCIL											FÁCIL
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

03. O tamanho do teclado é apropriado?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

04. O tamanho das teclas alfabéticas é apropriado?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

05. O tamanho das teclas numéricas é apropriado?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

06. O tamanho das teclas de funções é apropriado?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

07. O tamanho das teclas de comunicação alternativa é apropriado?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

08. O tamanho dos caracteres das teclas alfabéticas é apropriado?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

09. O tamanho dos caracteres das teclas numéricas é apropriado?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

10. O tamanho dos caracteres das teclas de funções é apropriado?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

11. O tamanho dos caracteres das teclas de comunicação alternativa é apropriado?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

12. As teclas alfabéticas podem ser bem visualizadas?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

13. As teclas numéricas podem ser bem visualizadas?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

14. As teclas de funções podem ser bem visualizadas?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

15. As teclas de comunicação alternativa podem ser bem visualizadas?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

16. Os ícones das teclas de comunicação alternativa podem ser bem visualizados?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

17. A cor preta usada para os caracteres é apropriada?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

18. A cor branca usada como fundo para os caracteres é apropriada?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

19. O uso de cores diferentes facilita a localização das teclas?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

20. O uso de letras ampliadas facilita a localização das vogais?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

21. O *layout* de teclado é de fácil compreensão?

CONFUSO											CLARO
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

22. Cite 10 palavras ou frases que podem ser incluídas no grupo das teclas de comunicação alternativa

01 . _____

02 . _____

- 03 . _____
- 04 . _____
- 05 . _____
- 06 . _____
- 07 . _____
- 08 . _____
- 09 . _____
- 10 . _____

23. Quais são as melhorias que podem ser feitas?

NOME DO PROFESSOR _____

Turma/ Turno _____

Assinatura Voluntário
Escola de Educação Especial Vivian Marçal

APÊNDICE 5 – Termo de Consentimento Livre e Esclarecido – Protocolo 2

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DE SAÚDE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM SAÚDE

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Visando disponibilizar uma nova ferramenta de comunicação alternativa o equipamento “Sistema Portátil de Comunicação Alternativa”, está sendo desenvolvido no Programa de Pós-Graduação em Tecnologia em Saúde, vinculado a Pontifícia Universidade Católica do Paraná. O equipamento já passou por baterias de testes, comprovando-se que é completamente seguro para o usuário. Porém, por ser destinado a usuários portadores de paralisia cerebral com capacidade cognitiva preservada, necessito realizar uma coleta de dados para avaliar a aceitação do equipamento pelos referidos usuários. Sendo assim, venho por meio deste verificar a possibilidade de sua participação nesta pesquisa.

O equipamento é um computador portátil com teclas acionadas remotamente via movimento da cabeça. Para que o senhor(a) sinta-se a vontade durante o uso do dispositivo, o transmissor responsável pelo acionamento remoto das teclas, pode ser fixado a um boné ou faixa, que posicione o transmissor no centro de sua testa, sem que ocorra o contato do transmissor com a pele.

Lembro que

01. não existe nenhum tipo de risco, desconforto ou exposição de seu filho(a);
02. mesmo aceitando participar, o senhor(a) poderá abandonar a pesquisa a qualquer momento, sem necessidade de justificativa;
03. toda coleta de dados será realizada pela pesquisadora Luciane Aparecida Liegel;
04. apenas os dados obtidos na pesquisa poderão ser publicados, ficando as privacidades do senhor(a) preservadas, ou seja, seus nomes ou qualquer outro dado confidencial serão mantidos em sigilo;
05. os dados obtidos ficarão sob a propriedade e guarda da pesquisadora;

06. o senhor(a) e os pesquisadores não receberão nem pagarão valor econômico pela participação na pesquisa;

07. em caso de dúvidas ou questionamentos, entrar em contato com a pesquisadora Mestranda Luciane Aparecida Liegel, pelos telefones (41) 8812-3018 (41)3263-1451.

Eu, _____, RG. _____

li, portanto, este termo, fui orientado quanto ao teor da pesquisa acima mencionada e compreendi a natureza e o objetivo do estudo do qual fui convidado a participar voluntariamente desta pesquisa.

Curitiba, ___ de _____ de 200_.

Assinatura do Voluntário

Assinatura Professor

Escola de Educação Especial Vivian Marçal

Assinatura Pesquisadora

Pontifícia Universidade Católica do Paraná

APÊNDICE 6 – FICHA DE TESTES

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DE SAÚDE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM SAÚDE

TESTES

NOME: _____ **TURMA:** _____

Data ___ / ___ / ___

Horário de Início _____

Horário de término _____

Tarefa

01. Estava motivado, interessado em usar o equipamento?

() sim () não

02. Usou teclas de comunicação alternativa?

() sim quais? _____

() não

03. Usou teclas alfabéticas?

() sim quais? _____

() não

04. Usou teclas numéricas?

() sim quais? _____

() não

05. Consegue escrever palavras?

() sim quais? _____

() não

06. Consegue escrever frases com teclas de comunicação alternativa?

() sim quais? _____

() não

07. Consegue escrever frases com teclas alfabéticas?

() sim quais? _____

() não

08. Caracter escolhido _____ , conseguiu realizar a tarefa?

() sim tempo para seleção _____

() não

09. Palavra escolhida _____ , conseguiu realizar a tarefa?

() sim tempo para seleção _____

() não

10. Frase escolhida _____

conseguiu realizar a tarefa?

() sim tempo para seleção _____

() não

11. Palavra ou frase das teclas de comunicação alternativa

_____ ,

conseguiu realizar a tarefa?

() sim tempo para seleção _____

() não

12. Mesclar teclas de comunicação alternativa com as demais

_____ ,
conseguiu realizar a tarefa?

() sim tempo para seleção _____

() não

13. Terminou os testes motivado, interessado em usar o equipamento?

() sim

() não

Observações

Curitiba, ____ de _____ de 200_.

Assinatura Professor
Escola de Educação Especial Vivian Marçal

Assinatura Pesquisadora
Pontifícia Universidade Católica do Paraná

APÊNDICE □ – RELATÓRIO DE TREINAMENTO

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DE SAÚDE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM SAÚDE

RELATÓRIO DE TREINAMENTO

NOME: _____ **TURMA:** _____

Data: ____/____/____

Horário de Início: _____

Horário de término: _____

01. Estava motivado, interessado em usar o equipamento?

() sim () não

02. Caracteres, palavras e frases escolhidas □

03. Conseguiu realizar a tarefa?

() sim () não

04. Observações □

05. Terminou os testes motivado, interessado em usar o equipamento?

()sim ()não

Curitiba, ___ de _____ de 200_.

Assinatura Professor
Escola de Educação Especial Vivian Marçal

Assinatura Pesquisadora
Pontifícia Universidade Católica do Paraná

APÊNDICE 8 – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA DO PARANÁ

CENTRO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E DE SAÚDE

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA EM SAÚDE

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DO SISTEMA PORTÁTIL DE COMUNICAÇÃO ALTERNATIVA

Data: __/__/__

Venho por meio deste solicitar sua opinião sobre o dispositivo Sistema Portátil de Comunicação Alternativa.

01. O tamanho do dispositivo é adequado ao transporte?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

02. O tamanho das teclas é apropriado?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

03. O tamanho do teclado é apropriado?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

04. É fácil localizar os grupos de teclas?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

05. As separação por grupos de teclas facilita a localização das teclas?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

06. As teclas alfabéticas podem ser bem visualizadas?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

07. As teclas numéricas podem ser bem visualizadas?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

08. As teclas de comunicação alternativa podem ser bem visualizadas?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

09. O dispositivo pode ser aprovado para ser usado diariamente?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

10. O tamanho do boné é adequado?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

11. A cor do boné é adequada?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

12. O boné é fácil de ser colocado?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

13. O boné é pesado?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

14. O uso do boné prejudica a movimentação da cabeça?

NÃO											SIM
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

15. Quais são as melhorias que podem ser feitas no sistema?

NOME: _____

Turma/ Turno: _____

Assinatura Voluntário

Escola de Educação Especial Vivian Marçal